$\frac{36}{14}$

LE
GRANDI INVENZIONI
SCIENTIFICHE ED INDUSTRIALI
ANTICHE E MODERNE

DI

LUIGI FIGUIER

VERSIONE ITALIANA SULL'ORIGINALE FRANCESE

CORREDATA DI AGGIUNTE E NOTE

e illustrata con 85 incisioni

37/14

MILANO

PRESSO LA TIPOGRAFIA ALBERTI E C.

Via Due Muri, n. 22

1864.

AVVERTENZA

Le aggiunte sono stampate nel testo in carattere testino.

PREFAZIONE DELL' AUTORE

I libri proposti fin qui a lettura ordinaria nelle scuole elementari, e nelle classi superiori, furono tutti o storici, o morali. Ci parve quindi che sarebbe non meno adatta, e di maggior utile alla istruzione della gioventù anche la esposizione elementare delle grandi invenzioni scientifiche ed industriali, antiche e moderne. I precetti della morale, i fatti della storia sacra e profana, e le cognizioni che si ritraggono dallo studio e dalla meditazione delle opere insigni degli antichi, sono senza dubbio quelle materie, che voglionsi porre innanzi alla gioventù, la quale, rimanendo parecchi anni nelle scuole, deve scorrere più volte i medesimi libri, mano a mano che progredisce nelle classi. Una certa varietà in questo genere di libri non può riuscire indifferente sì all'allievo, che all'istitutore. Per questa varietà di letture non potrebbe trovarsi un mezzo più efficace, che la storia e la descrizione delle grandi invenzioni scientifiche, nelle quali risplende la grandezza del genere umano. La storia della stampa, delle

macchine a vapore, dell'elettricità, ecc., deve necessariamente offrire una grande attrattiva alla curiosità de' giovani lettori.

Sarebbe inutile insistere a lungo sulla utilità del modesto libro che presentiamo alla studiosa gioventù. Questa nel corso de' suoi studii avrà certamente non poche occasioni di ricorrervi, perchè in esso trattasi quanto s'insegna nelle scuole di fisica, chimica, meccanica e scienze affini.

L'operaio di qualsiasi fabbrica, l'agronomo, il commerciante, tutti insomma i professionisti avranno bisogno di conoscere, e le macchine a vapore, e l'elettricità, e il gas illuminante, ed altri fenomeni, essendochè la scienza è penetrata al presente fra le pareti domestiche.

Egli è dunque indispensabile familiarizzarsi sino dall'infanzia con quelle scienze che ci rendono tanti servigi nel corso della vita. Negl' intervalli del lavoro quotidiano, l'operaio, l'artiere avranno piacere di rileggere quel libro, che nelle prime scuole avea loro somministrato le cognizioni relative a quell'arte o a quel mestiere, che poscia abbracciarono e che forma in oggi il soggetto del proprio lavoro abituale.

I libri di morale e i racconti storici, che sono il maggior numero delle opere destinate a servire di lettura nelle nostre scuole, fanno conoscere ai fanciulli il buono e il bello, e gli scritti intorno alle scienze positive danno loro la nozione del vero. Così questi due generi concorrono al medesimo scopo, che è quello d'indurre le giovani menti alla contemplazione del buono, del bello e del vero, e in pari tempo all'adorazione del divino creatore dell'universo.

Lo studio delle scienze, lungi dall'essere un ostacolo allo sviluppo delle idee religiose, ci spinge invece ad innalzare la nostra anima a Dio, ci dà modo di ammirare e

aprezzare le meraviglie della creazione, i benefizii che ci son prodigati dalla divina bontà.

In una circostanza solenne, alla ricorrenza cioè della inaugurazione della Ferro-via del mezzo giorno, ch'ebbe luogo nel giorno 2 aprile 1857, il Cardinale Donnet, arcivescovo di Bordeaux, esprimevasi colle seguenti parole, parlando delle grandi scoperte della scienza moderna.

« Il solennizzare queste scoperte, facendone conoscere
» la importanza, non è cosa affatto estranea alla religione;
» la scienza nelle sue applicazioni popolari è stata, e sarà
» sempre un oggetto di predilezione della religione mede-
» sima. » Niente puossi aggiungere alle sublimi parole di questo illustre prelato.

La esposizione di alcune teorie scientifiche contenute in questo libro non poteva incontrare qualche difficoltà, sì che noi abbiamo adoperato a presentarlo nel modo più facile, adatto alla intelligenza della studiosa gioventù. Per rendere più breve, e più chiara la descrizione degli apparecchi fisici e meccanici, abbiamo creduto opportuno, anzi necessario, di porre sottocchio al lettore le figure relative unite al testo medesimo, e abbiamo intromesso alle nozioni scientifiche anche alcuni cenni biografici degli autori delle invenzioni più importanti, nella persuasione che lo esporre i fatti principali della vita, e gli ostacoli che dovette superare la maggior parte degl'illustri scienziati che hanno arricchito l'umanità del frutto de' loro studii, e delle loro esperienze, oltre essere cosa per sè interessante, è uno de' più grandi esempli che offrire si possa alle meditazioni delle menti giovanili.

Luigi Figuier.

CAPITOLO I.

LA STAMPA.

Epoca della scoperta della stampa. — La stampa, ossia l'arte di moltiplicare rapidamente, e a buon prezzo le copie di un medesimo libro, e di rendere in tal modo accessibili a tutto il mondo i prodotti dell'umana intelligenza, è stata scoperta e attuata verso la metà del secolo XV.

Non saprebbesi risalire avanti a quest'epoca circa una invenzione così mirabile, perchè i chinesi, ed anche alcun popolo di Europa, ai quali si vorrebbe attribuire la invenzione dell'arte tipografica, non usarono per le loro scritture che tavolette di legno incise in rilievo, come quelle per tirare vedute o figure.

La *mobilità*, e la *fusione* delle singole lettere alfabetiche sono la impronta caratteristica della invenzione della stampa. Ora ciò non avvenne che verso la metà del secolo XV, quarant'anni prima all'incirca della scoperta dell'America (1492), nel qual tempo l'immenso genio di *Giovanni Gutenberg*, immaginò e pose in pratica i caratteri *mobili*, e la loro *fusione*.

Prima del secolo XV la stampa era affatto sconosciuta; non usavansi che i *manoscritti*, i quali in numero assai ristretto costituivano le biblioteche de' conventi, e de' castelli principeschi. Ecco in qual modo si lavoravano questi manoscritti.

Il libraio, il quale per lo più era un uomo erudito in ogni genere di scienza, consegnava al copista il manoscritto da riprodursi.

Il lavoratore delle pergamene preparava le pelli dolci, lucide e polite, sulle quali lo scrivano eseguiva il suo lavoro.

L'artista abbelliva ed ornava i margini delle pagine con miniature e dorature.

Il legatore cuciva i varii fogli di pergamena, copriva il libro con cartone, e lo rimetteva al libraio.

È facile comprendere che per gli svariati lavori occorrenti alla fattura di un libro, questo consideravasi in quel tempo un oggetto raro e prezioso.

Si conservava quindi in un picciolo scrigno di legno, o di metallo adorno di sculture e ceselli, e quelli de' conventi che doveano rimaner esposti, si assicuravano con una catenella munita di lucchetto ad un anello infisso nel pergamo dove si leggeva. Molti di questi manoscritti costavano più di 600 franchi. In seguito poi codesti libri manoscritti prestavano un cattivo servigio, perchè gli amanuensi per sollecitare le copie, moltiplicavano le abbreviature in modo tale, che gli stessi uomini di lettere aveano gran pena e difficoltà a rilevare alcune parole.

Impressione col mezzo di tavolette. — Nella prima metà del secolo XV, il desiderio d'istruirsi cresceva sempre più, e l'alto prezzo de' manoscritti era grande ostacolo alla soddisfazione di tal desiderio, per cui s'immaginò d'incidere sopra una tavoletta di legno delle carte geografiche, delle figure emblematiche, delle immagini di santi ecc., e al piede o nei margini all'intorno delle tavolette si scriveva una breve leggenda di spiegazione, e descrittiva. Si coprivano dapprima queste tavolette di un inchiostro grasso, e poscia vi si calcava sopra colla mano un foglio di pergamena, o di carta di cotone, la quale riceveva l'impronta di quanto era stato inciso sul legno. A poco a poco la leggenda descrittiva andò crescendo, e si giunse finalmente a riprodurre con questo mezzo delle pagine intere. Una *Bibbia de' poveri*, così è il titolo, venne stampata con questo processo ne' primi anni del secolo XV.

Dicesi che questa maniera di stampare fosse conosciuta presso i chinesi fino dal secolo XIII, dell'èra nostra. Ma queste semplici tavole di legno inciso non si potrebbero considerare come la scoperta della tipografia, la quale ha per base essenziale la *mobilità* de' caratteri.

Gutenberg. — Giovanni Gutenberg l'inventore della stampa nacque a Magonza nel 1409 da nobile famiglia di questa città, e passò i primi anni della sua gioventù nella casa paterna. Questa casa era decorata di sculture, bassirilievi e di ornamenti allegorici, secondo l'uso del medio evo. Sopra la porta d'ingresso, era scolpita la testa di un toro colossale con questa iscrizione: *A me niente resiste*. Questa divisa scritta sulla facciata della casa dal *toro nero* di Magonza se l'appropriò il giovane Gutenberg; e non potrebbesi applicare questo motto anche alla onnipotenza della stampa?

A quindici anni, Giovanni Gutenberg rimase orfano di padre ed erede di modestissimo patrimonio; abbandonò tosto Magonza, e fissò il suo domicilio a Strasburgo, dove gli venne l'idea primitiva di moltiplicare i manoscritti a mezzo di uno *stampo*, il quale coperto di un inchiostro grasso poteva riprodurre in un numero indeterminato di copie qualsiasi manoscritto. Per dieci anni continui egli lavorò da solo a Strasburgo per discoprire il grande arcano, la meravigliosa invenzione, in una parola la stampa a *caratteri mobili*. Giunto a risultati importanti, ma obbligato da ripetuti esperimenti a grandi spese, che non potea sostenere col suo piccolo censo, divisò di associarsi tre ricchi borghesi di Strasburgo per la somministrazione de' fondi necessarii alla continuazione della sua impresa.

Questi dieci anni di continui sperimenti aveano ormai addestrato il giovane Gutenberg a incidere facilmente delle lettere metalliche *mobili;* ma restava poi a trovare un metallo, ovvero una composizione metallica, atta non solo alla confezione de' caratteri, ma eziandio a resistere ad una forte pressione. Il ferro era troppo duro, e rompeva la carta; il piombo era troppo molle e si schiacciava sotto le pressioni del torchio. Riguardo al legno, esso non avrebbe offerto certamente nè la resistenza, nè la durezza necessaria per tale operazione. Era forza adunque trovare una composizione metallica, che avesse quel grado di durezza da resistere alla forte pressione del torchio, e non fosse d'altra parte troppo cruda, facile a spezzarsi o a bucherare la carta.

L'inventore avea quasi raggiunto lo scopo cui mirava, ma pur troppo le molteplici spese cagionate dalle ripetute espe-

rienze aveano sbilanciata la economia anche de' sovventori, associatisi al Gutenberg nella impresa. Ciò nullameno non si ebbero mai a lagnare dello stato quasi misero in cui erano caduti, tanto erano sicuri dell'esito che dovea avere la invenzione di quel gran genio che la dirigeva. I tre cittadini di Strasburgo che si associarono al Gutenberg furono *Giorgio Heilmann*, *Andrea Dryzehn*, e *Pietro Riff*.

Questi sciaguratamente morirono nel breve periodo di due anni, per cui rimasto solo il povero Giovanni perseguitato da' suoi creditori dovette sospendere i lavori per mancanza di mezzi, e abbandonare Strasburgo.

Faust e Scheffer; morte di Gutenberg. — Ritornato a Magonza sua patria, Gutenberg riprese il corso interrotto de' propri lavori, affidandosi agli scarsi mezzi che gli rimanevano. Si accinse quindi nuovamente a incidere, a fondere, a tentare nuovi amalgami di metalli, a fare nuovi assaggi di stampa, ma rimasto senza denari dovette ricorrere nuovamente all'altrui assistenza associandosi un *Giovanni Faust* ricco orefice di Magonza, uomo scaltro ed astuto, il quale gli diede a prestito una somma dopo aver ottenuto da lui la cessione di qualsiasi utilità o diritto, quando compita la sua invenzione non pagasse il debito. Faust chiamò socio nell'impresa *Pietro Scheffer* suo genero, giovane copista molto istrutto, valente e sollecito nello scrivere, onde veniva richiesto da tutti per redigere i manoscritti di maggiore importanza sulla pergamena, e però faceva grossi guadagni.

È tradizione generale, che Gutenberg il quale avea inventato i caratteri *mobili* di metallo, non sia mai riuscito a trovare le giuste proporzioni di più metalli per fondere dei caratteri che potessero resistere alla pressione del torchio senza alterarsi, e senza portare alcun nocumento alla carta.

Pietro Scheffer fu quello che raggiunse tal meta a forza di assaggi e di esperienze, combinando il *piombo* coll'*antimonio* nelle dovute proporzioni, per cui ottenne i caratteri meno duri di quelli di ferro, ed aventi la qualità di resistere alla forte pressione del torchio. Da questo momento l'invenzione della stampa potè dirsi certamente compiuta.

Ma da questo momento pure mutò la scena! Faust e Scheffer erano ormai padroni assoluti del nuovo trovato, il primo

scopritore diventava affatto inutile, e lo sleale Faust non pensò che a sbarazzarsi del povero Gutenberg. Faust creditore inesorabile di notevole somma, obbliga Gutenberg, che non poteva soddisfare il suo debito, in forza della scritta convenzione a cedergli qualsiasi diritto, e qualsiasi utile che potesse avere nell'esercizio della sua scoperta; s'impadronisce dell'officina, de' torchi, dei fornelli, degli attrezzi, di tutto, scaccia da sè l'infelice, il quale ridotto alla miseria e svergognato abbandona nuovamente la sua cara patria, e va ramingo questuante pel mondo.

Faust già associato nell' impresa con Scheffer suo genero si affretta a utilizzare i prodotti di quest' arte novella. Dà tosto mano alla stampa di alcune opere, ch'egli vende allo stesso prezzo come se fossero libri manoscritti. Fa giurare a' suoi operai sulla *Sacra Bibbia*, di non palesare ad alcuno il segreto della nuova scoperta. Per meglio assicurarsi del loro silenzio, il vecchio usuraio li costringe a sottoscrivere una obbligazione di perdita del loro salario, nel caso di violazione del segreto, e per maggior garanzia fa trasportare la sua officina in luoghi remoti e sotterranei, ingiungendo ai lavoranti di rimanervi giorno e notte senza mai uscirne, approntando pagliaricci per riposarvi, e tenendoli chiusi a chiave in quell' insalubre sotterraneo privo di luce e di aria, che poteva considerarsi una vera prigione, o meglio un *carcere duro*. Con tali cautele Faust potè vendere un numero considerevole di libri non solo in Germania, ma anche in Francia e in Inghilterra, facendoli pagare come se fossero *manoscritti*, perchè nessuno ancora era venuto a cognizione della grande scoperta. Ma in mezzo a un così fortunato successo, Faust godette per breve tempo della sua fortuna, rapito dalla peste che invase nell'anno 1466 la città di Magonza. Giustizia di Dio! Così doveva finire quell'empio, che avea trattato tanto crudelmente il povero Gutenberg, che avea tolta la libertà personale a' suoi operai per mesi e mesi, e che per giunta avea depauperato innumerevoli famiglie coll'usura, per la sete dell'oro.

Morto Faust, Scheffer divenne il solo e assoluto padrone, qual erede, della tipografia *Faust* in Magonza, e continuò per qualche tempo ad esercitare l'arte novella, fino al momento

in cui questa città venne presa d'assalto, e abbandonata al saccheggio. Scheffer perì in questo disastro, e la sua morte fu il segnale dell'immediata scomparsa de'suoi operai. Tuttavia il di lui figlio *Giovanni*, riaperse dopo qualche anno la tipografia, ancora la sola in Magonza, e continuò l'esercizio con felice successo.

Giovanni Scheffer non imitò la slealtà, e la perfidia di Faust verso l'infelice Gutenberg. Faust se fosse sopravvissuto, sarebbe forse riuscito coi suoi raggiri a oscurare, anzi a togliere del tutto a Gutenberg la gloria di essere stato l'inventore della stampa, ma Giovanni Scheffer invece volle ricordare solennemente a' posteri tal fatto nella sua piena luce e verità. In un magnifico libro da esso stampato nell'anno 1505, e dedicato all'imperatore Massimiliano, scrisse quanto segue come prefazione: « L'ammirabile arte tipografica fu inventata a Ma-
« gonza nell'anno 1450 dall'ingegnoso Giovanni Gutenberg e
« poscia perfezionata e diffusa da Giovanni Faust, e da Pietro
« Scheffer. »

Gutenberg sopravvisse due anni a Faust. Lasciata Magonza la seconda volta, condusse una vita errante nella più desolata miseria, nè mai si è potuto sapere in che siasi occupato un uomo di tanto genio, durante questo non breve periodo di tempo.

Quello che ci consta si è, che poco prima della sua morte, l'arcivescovo di Magonza lo raccolse presso di sè annoverandolo fra i suoi *gentiluomini di camera*, e accordandogli un annuo assegno. Mercè tale protezione, generosa, ma troppo tarda, Gutenberg potè consacrare gli ultimi anni della sua vita agl'interrotti studii sulla stampa. Morì il 14 febbraio 1468, nell'ancor fresca età di anni 59!

Sviluppo e incremento dell' arte tipografica. — Dopo la morte dell'inventore della stampa, gli allievi di Gutenberg si dispersero in diversi Stati dell'Europa, novelli discepoli dell'arte e del progresso. Le prime città dove si fermarono, furono Colonia, Amburgo, Norimberga e Basilea. La Germania, la Svizzera e la Francia ebbero tosto tipografie più o meno considerevoli.

L'invenzione della stampa fu accolta con gran favore da quasi tutt'i sovrani regnanti di quell'epoca, i quali si resero

con ciò benemeriti al mondo sociale e alla umanità, favorendo il progresso di un'invenzione ch'era destinata ad aprire gli occhi della mente ai popoli, facendo loro conoscere la verità, la ragione ed i loro diritti. Luigi XI rilasciò brevetti di *naturalizzazione* e di *cittadinanza* francese ai tipografi tedeschi; Carlo VIII ammise i tipografi, ed i librai alla partecipazione de' privilegi della Università. Luigi XII confermando tali privilegi, considera quest'invenzione più *divina* che umana, la quale grazie al cielo era stata trovata a que' tempi. Francesco I re di Francia dispensò i tipografi ed i librai dal servigio militare. Ma quest'êra d'incoraggiamento per l'arte novella, non ebbe lunga durata. Nel 1521 venne istituita in Francia una speciale *Censura* pe' libri stampati. Nessun'opera letteraria poteva stamparsi senza essere prima presentata e approvata da persone a ciò delegate dal re. L'autorizzazione accordata allo stampatore od al libraio si diceva *privilegio*. Su tutt'i libri di antica data si trova in fine il testo del privilegio accordato.

Nello stesso anno s'istituì il così detto *Sindacato* della stampa. Gl'impiegati di quest'uffizio che si chiamavano *Guardie della Università*, aveano l'incarico di visitare le tipografie, e di riscontrare se i libri erano corretti, e stampati sopra buona carta, e con buoni caratteri. Durante la rivoluzione del 1789, essendo rimasti distrutti i privilegi concessi ne' secoli precedenti a favore delle varie corporazioni di arti e mestieri, anche i tipografi potevano stampare i loro libri come volevano tanto riguardo alla forma, quanto riguardo alla sostanza, vale a dire la materia di cui trattavano. Ma sotto l'impero, la censura comparve di nuovo e più rigorosa.

Tipografie celebri. — La stamperia reale di Parigi venne fondata da Luigi XIII, o per essere più esatti, dal suo ministro il cardinale *Richelieu*, e fu collocata al piano terreno e nei mezzanini della grande galleria del Louvre. Nel 1809 fu trasportata nell'antico palazzo detto di *Rohan* sito nella strada vecchia del Tempio. Questa è la più ricca stamperia ch'esista al mondo per la immensa varietà dei caratteri che possede, e comuni, e greci, ed ebrei, ed arabi e chinesi, ecc. Le grandi sale, e i vari locali ad uso delle svariate officine sono capaci di oltre mille operai. Oggidì però non ha che 40 persone addette alla fonderia, 200 compositori, 250 stampatori *(torco-*

lieri) e 20 legatori; in aggiunta a questi vi sono 130 donne per cucire i libri, e coprirli. Lo Stato fa stampare le opere necessarie al pubblico servigio, ed occorrenti per tutt' i Dicasteri, non che, i decreti e le notificazioni sovrane.

Merita di essere ricordata anche la stamperia imperiale di Vienna, essendosi distinta particolarmente nel nostro secolo per avere adottato tutte le ulteriori e recenti scoperte applicabili alla tipografia: anche la *fotografia* e la *galvano-plastica* vennero applicate all' esercizio di quest' arte, e se ne ottennero splendidi risultati.

Tipografi celebri. — Dall' anno 1488 al 1580, per circa un secolo, fiorì la famiglia de' celebri stampatori conosciuti sotto il nome degli *Aldi*, il cui primo stipite nomavasi *Aldo Manuzio.* Questi fondò a Venezia una tipografia collo speciale assunto di ristampare con lusso tipografico i classici antichi, e tutti i così detti capi-lavori. Aldo Manuzio occupò a buon diritto il primo posto fra i tipografi di quel secolo. Le sue pubblicazioni hanno il valore e l'autorità degli antichi manoscritti.

L' emblema, o l'insegna della sua tipografia, è un *Delfino attortigliato intorno ad un' ancora*: Paolo Manuzio, ed Aldo Manuzio detto il *giovane* figlio di Paolo, continuarono nella fama del loro autore. Furono protetti da' papi, e pubblicarono molte opere di erudizione. Nel 1580 questa famiglia così benemerita si estinse.

A chiarire come la stampa abbia meglio prosperata in Italia aggiungiamo le notizie seguenti. Del 1465 abbiamo l'edizione di Lattanzio a Subiaco per Corrado Sweynheim e Arnoldo Pannartz, preceduta, dicesi, da un Donato; in Roma al 70 eran uscite almeno ventitre edizioni di antichi. Giovanni da Spira, collocatosi a Venezia nel 69, vi lavora quanto a Roma; e così Vindelin suo fratello, poi il francese Nicolò Jenson. Nel 70 il Zarot tedesco porta l' arte a Milano. Da quell' anno all' 80 in Italia si stamparono mille duecentonovantasette opere, fra cui duecentotrentaquattro classici di data certa (Panzer); l' opera del Cennini orafo fu il primo libro in italiano. I caratteri greci inserivansi a mano, finchè esso Zarot a Milano ne fuse abbastanza per istampare la grammatica del Lascaris. Vi tennero dietro la Batracomiomachia nell' 85, Esiodo e Teocrito nel 93, l' Antologia nel 94, Luciano, Apollonio, il Lessico di Suida. Demetrio di Creta, col soccorso

di Lorenzo de' Medici, pubblicò Omero in Firenze nell' 88. A Reggio di Calabria stamparonsi, primo libro ebraico, i commenti di Jarchi sul Pentateuco nel 75; a Soncino il Pentateuco nell' 82; e sei anni appresso tutta la Bibbia.

L'Italia al presente numera presso a 700 stamperie con 2500 torchi, e da 11 a 12 mila commessi ed operai; ma solo nelle capitali e nelle città universitarie la stampa è a servigio degli studi e del pensiero.

Prima del 48 primeggiava pel numero delle tipografie, per la copia e per l'eleganza Milano: ma ora vinse Torino, benchè ogni cosa pertinente alla stamperia vi sia a peggior mercato che altrove.

Milano ha ora 43 stamperie, 300 torchi, di questi 60 a macchina, 800 operai; Torino 46 stamperie, 230 torchi, ma di questi 90 a macchina, e gli operai quasi 900. Seguono Venezia con 15 tipografie e 400 operai, e Firenze con 36 stamperie e 374 operai. In Roma sono celebrate meritamente la stamperia della Camera Apostolica, e la tipografia poliglotta della Propaganda; in Venezia la tipografia armena dei Mechitaristi; in Firenze le officine del Lemonnier e del Barbera da cui escono le più forbite e geniali edizioni, che ora corrono in Italia. In Napoli colle nuove condizioni politiche ferve un moto librario assai promettente per l'arte e per la coltura.

Gli *Elzeviri*, tipografi olandesi fiorirono nel secolo XVI, e XVII. *Bonaventura Elzevir*, e *Abramo* suo fratello e socio, dimoranti nella città di Leida furono quelli che diedero gloria e lustro alla famiglia, pubblicando magnifiche edizioni, le quali splendono per la bellezza e precisione dei caratteri.

In Francia la famiglia *Didot* ha molto giovato il progresso della stampa. *Francesco-Ambrogio Didot* morto nel 1804, fuse de' bellissimi tipi di caratteri e diede alla luce ricche e magnifiche edizioni. Il figlio, *Firmin Didot*, conservò la gloria artistica della casa.

Ricorderemo da ultimo *Baskerville*, celebre stampatore inglese morto nel 1775, il quale disegnava, incideva e fondeva i caratteri che si adoperavano nella sua tipografia.

Descrizione degli apparecchi e degli utensili che occorrono in una tipografia. — La impressione a *caratteri mobili* si eseguisce a mezzo di lettere isolate, che si riuniscono successivamente per comporre delle parole, delle linee e delle pagine.

La materia de' caratteri da stampa è un amalgama di *ottanta* parti di piombo e *venti* di antimonio. Questo secondo metallo aggiunto al piombo, lo rende abbastanza compatto da poter resistere all' azione del torchio.

I caratteri da stampa si ottengono versando in una forma l' amalgama fuso. Sul fondo dello *stampo* è collocata la lettera *madre* incisa in acciaio, la quale riproduce in rilievo la medesima lettera alla estremità del pezzetto di metallo che si trovò a contatto colla lettera *madre*. Un solo di questi tipi in acciaio serve per fondere migliaia di caratteri.

Composizione. — I caratteri si consegnano a' *compositori*, che li distribuiscono in alcune cassette divise in varii scompartimenti. Per riunire le lettere destinate a comporre una parola, il compositore prende un piccolo strumento detto *compositorio*, (*Fig.* 1.) sul quale egli colloca successivamente le lettere occorrenti alla formazione della parola ch' egli legge sul manoscritto. Questo istromento consiste in una riga o regolo di ferro contornato ad una dell' estremità e lungo uno de' lati, sul quale scorre una squadra rasente il contorno, ch' è munito di alcuni piccioli fori a varie distanze, onde fissare la squadra a mezzo di un bottoncino, tostochè si giunse a comporre una linea della stabilita dimensione. Compiuta la prima linea, si applica di fianco ad essa una laminetta metallica detta *interlinea*, dopo la quale si allogano i caratteri della seconda linea, e così di seguito.

La *Fig.* 2, rappresenta il *compositore* occupato nella sua mansione. Un *compositore* può levare dal loro ripostiglio *diecimila* lettere al giorno, e si calcolò che ne' 300 giorni di lavoro in un anno la mano dritta di un *compositore* percorre all' incirca 1300 leghe.

Riempiuto il *compositorio* si levano le linee, prendendole fra l' indice ed il pollice, e si adagiano sopra il così detto *vantaggio*, ch' è una picciola tavoletta quadrilunga, i cui orli meno uno dove c' è il manico, sono muniti di un contorno contro il quale si appoggiano le linee composte. (*Fig.* 3).

Quando sono raccolte le linee nel numero che occorre per formare una pagina, si pongono insieme, si legano all' intorno con una funicella e si colloca la pagina sopra una tavola.

Tiratura. — Approntate le forme, e impaginati i caratteri,

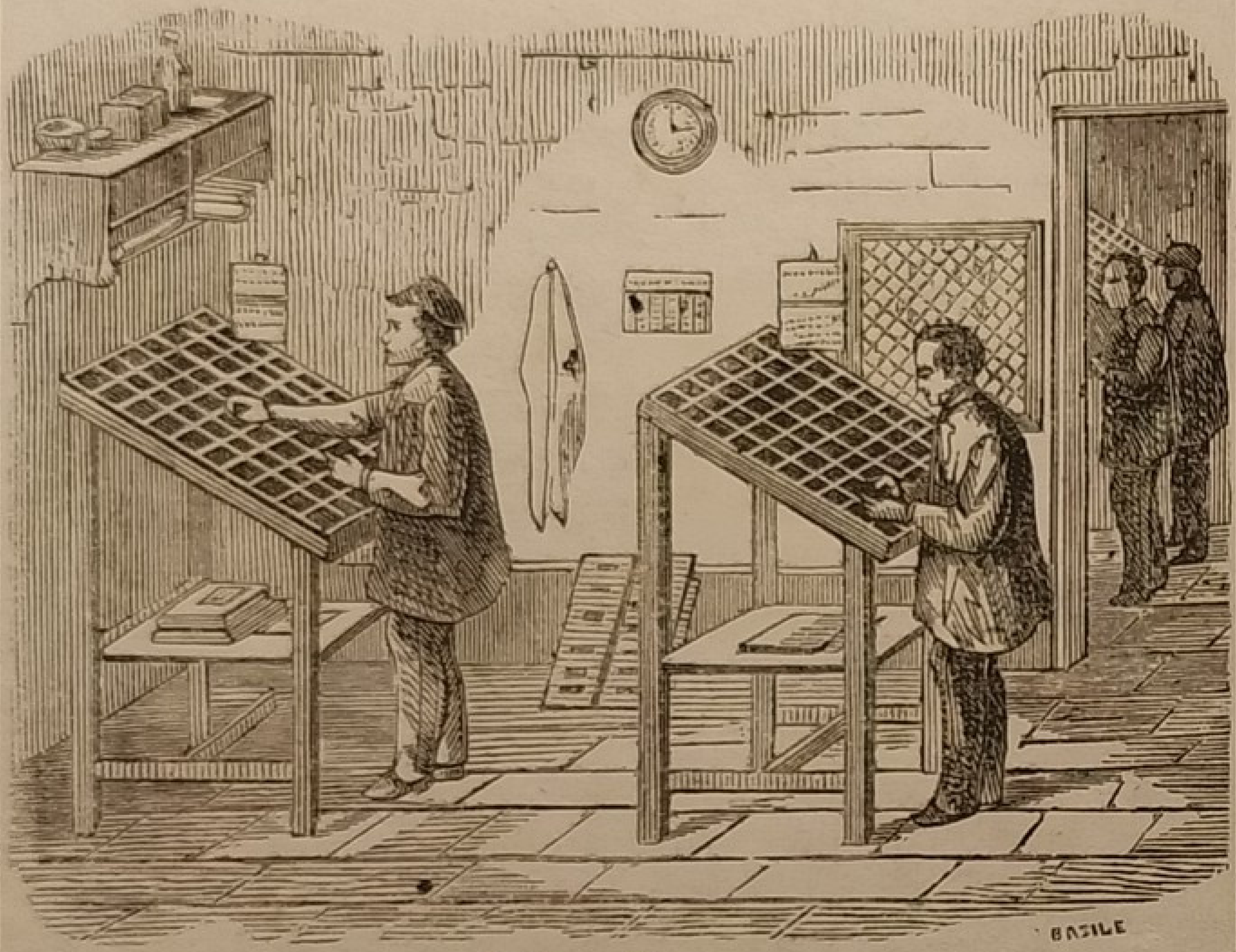


Fig. 2.

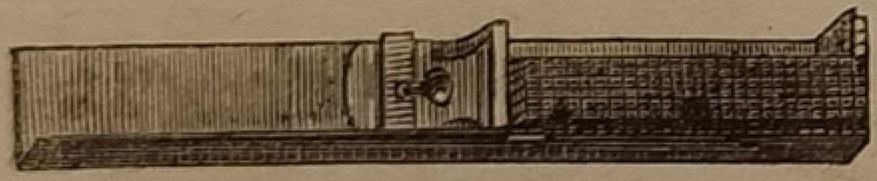


Fig. 1.

Fig. 3.

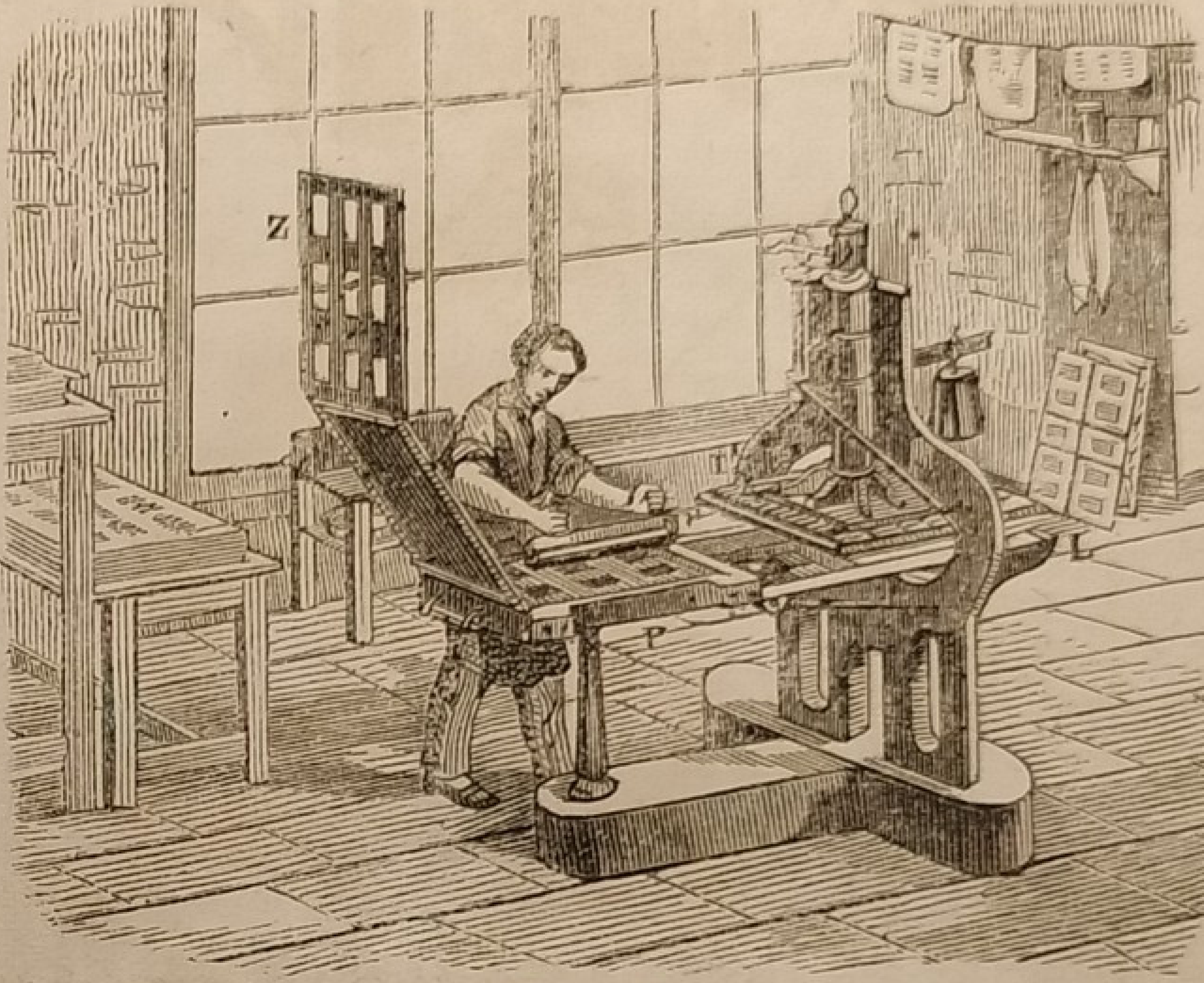


Fig. 4.

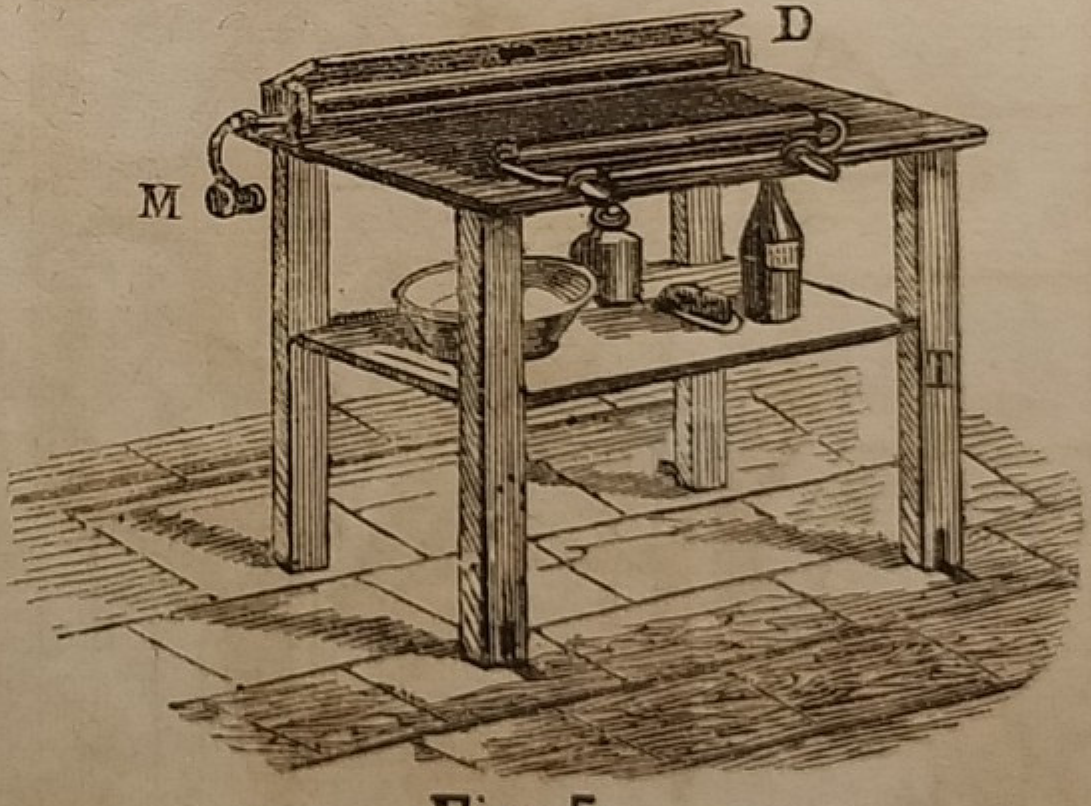


Fig. 5.

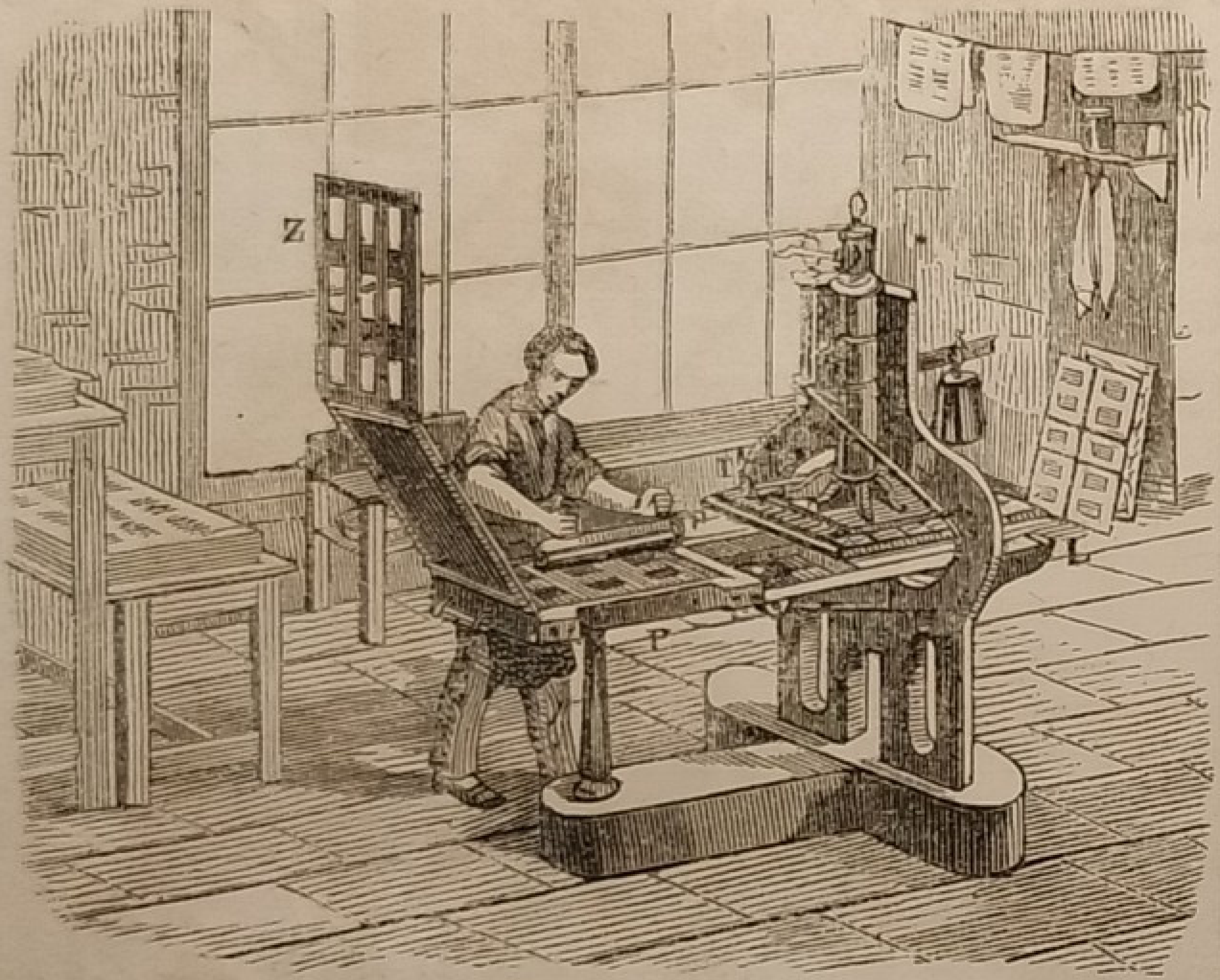


Fig. 4.

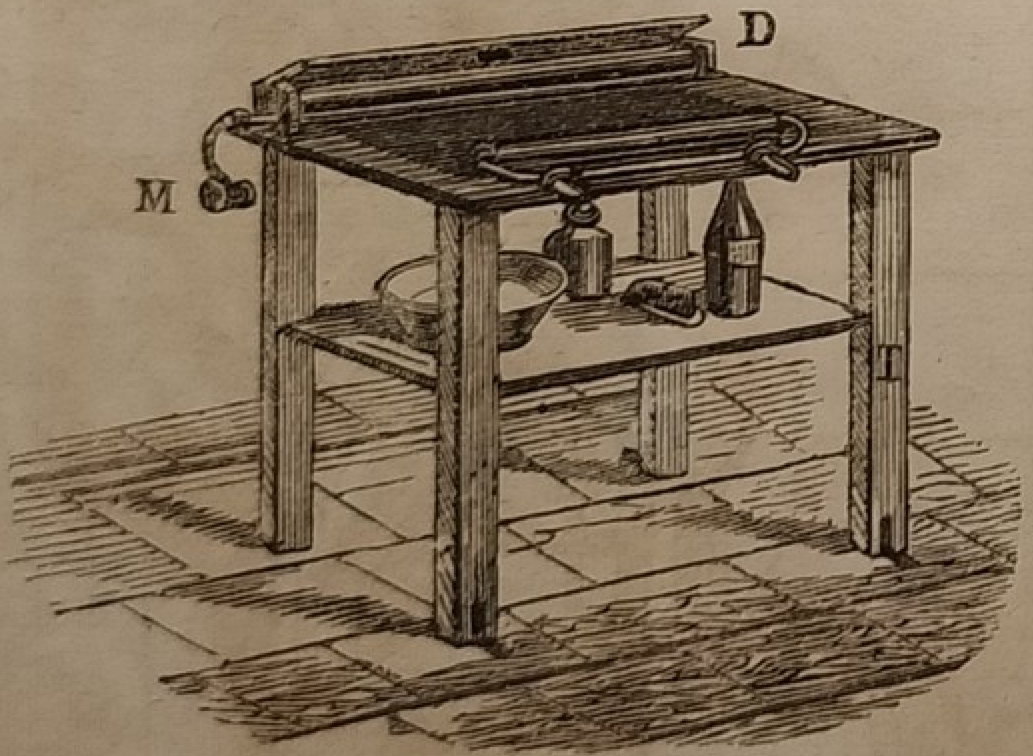


Fig. 5.

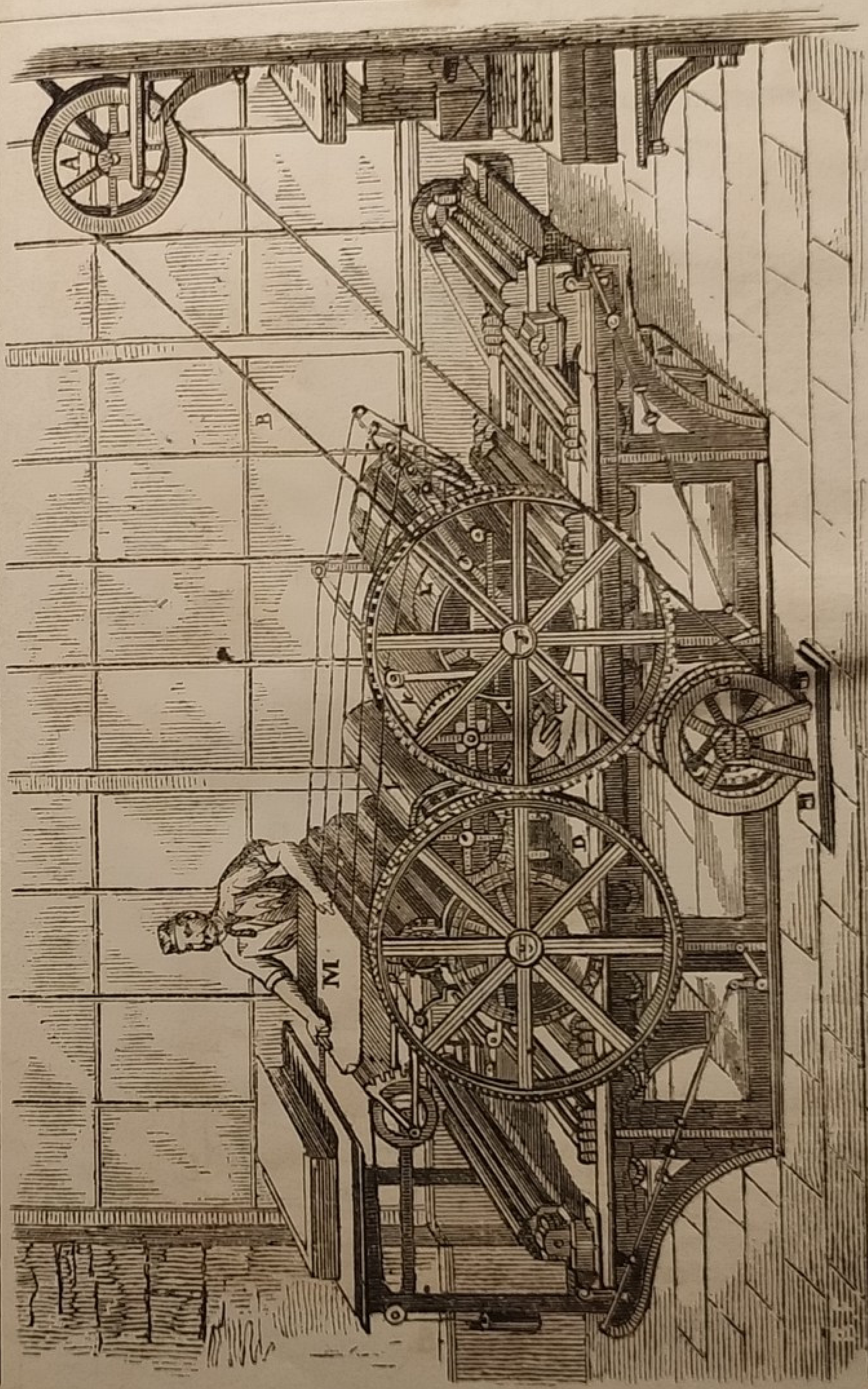


Fig. 6.

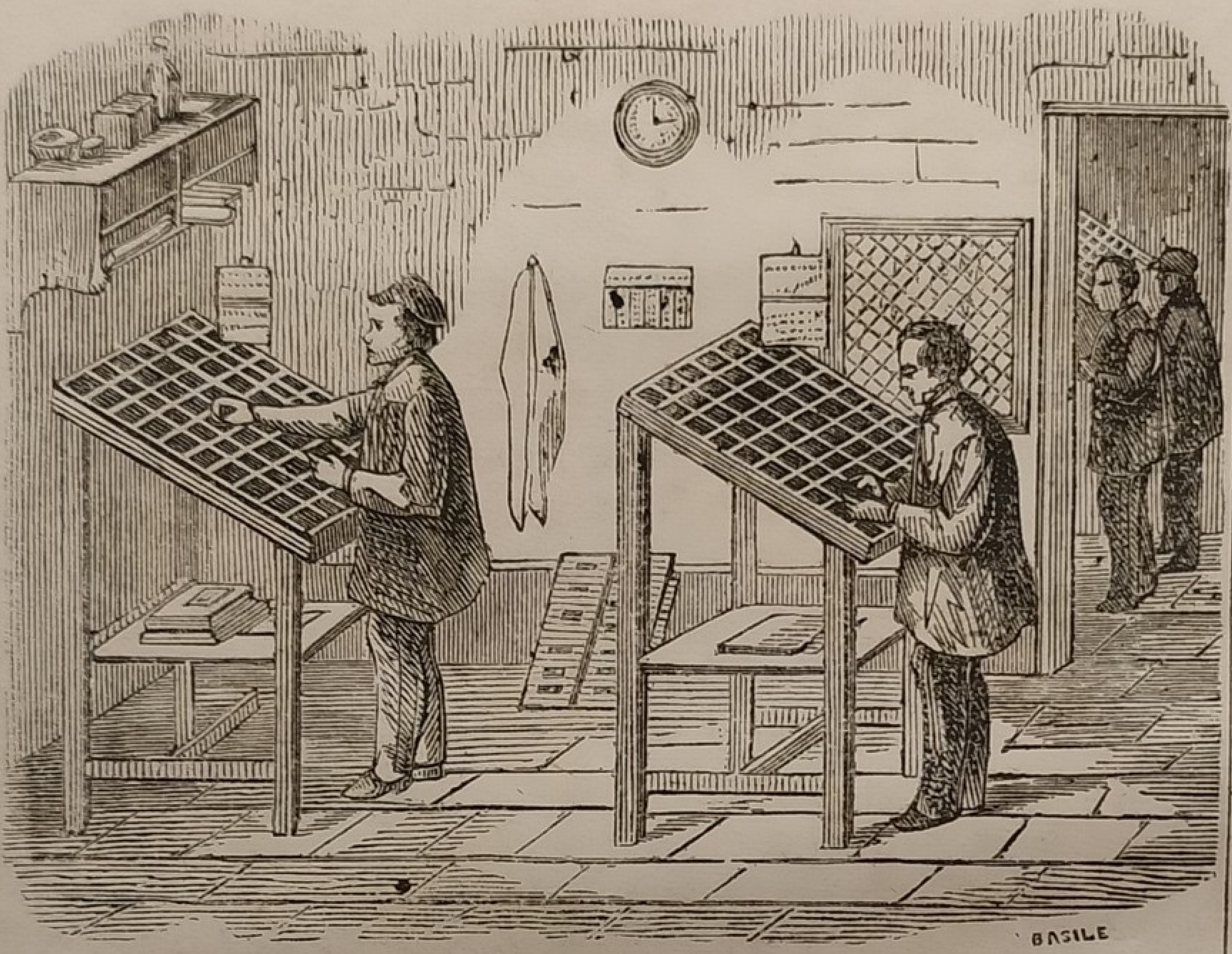


Fig. 2.

Fig. 1.

Fig. 3.

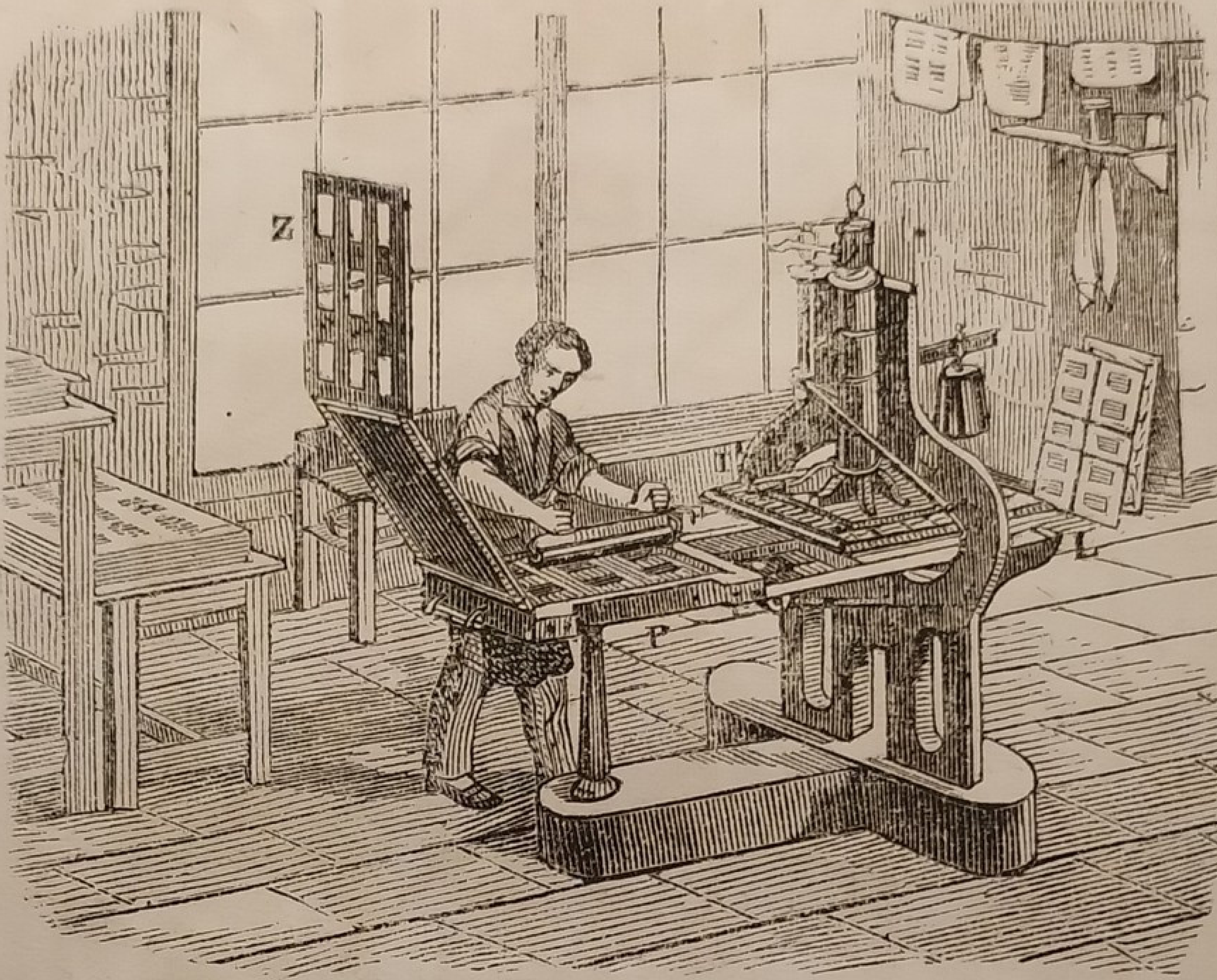


Fig. 4.

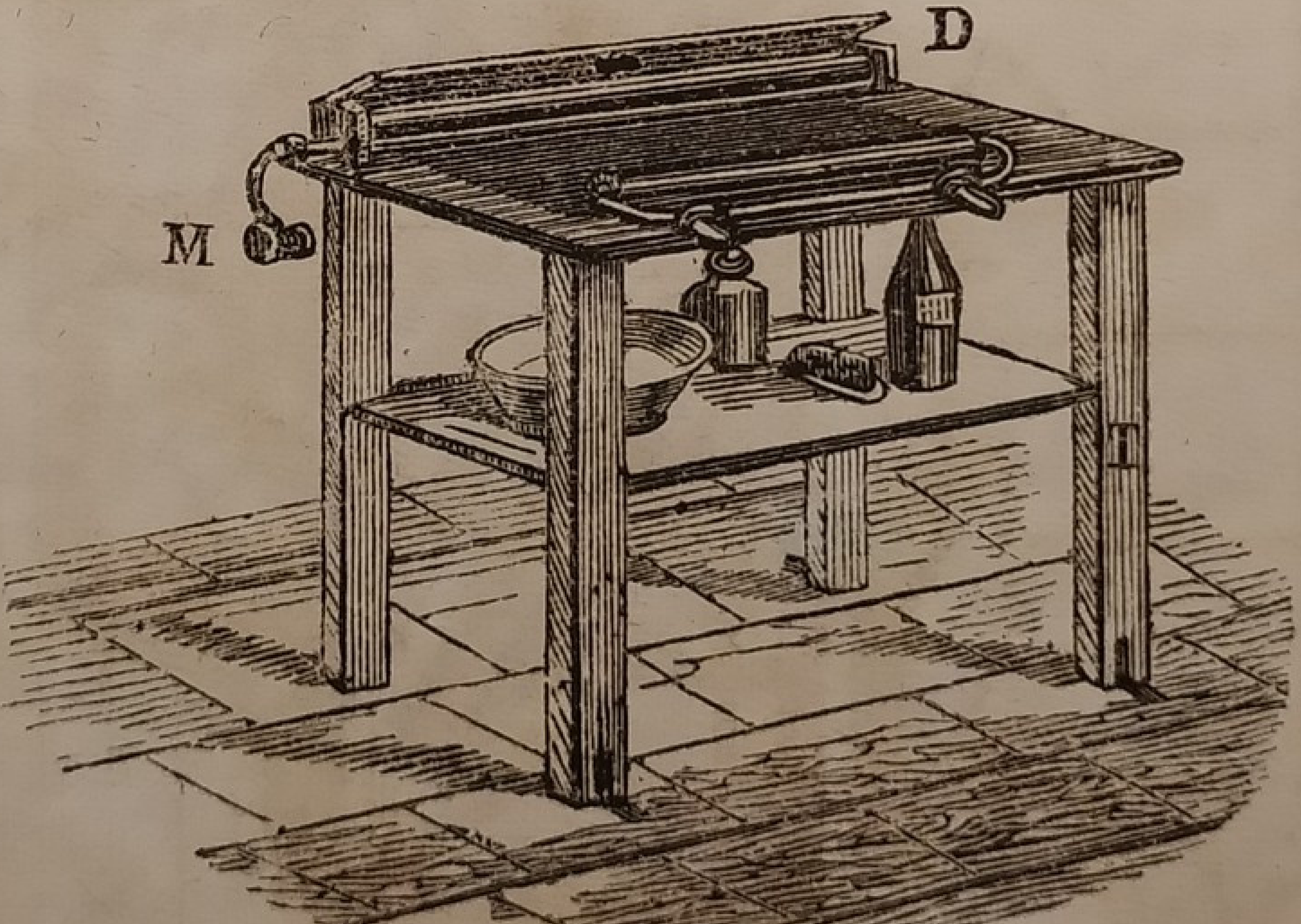


Fig. 5.

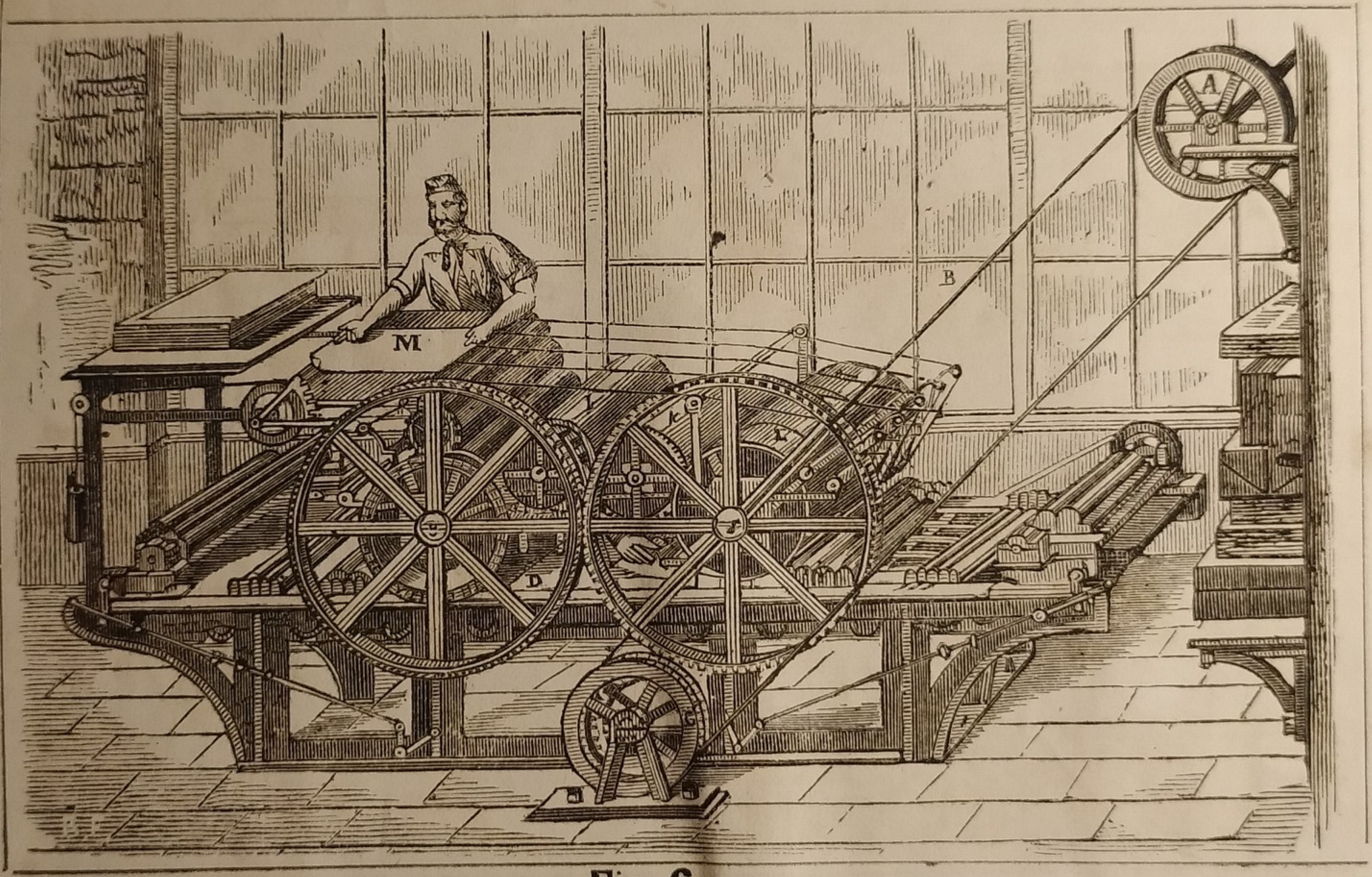


Fig. 6.

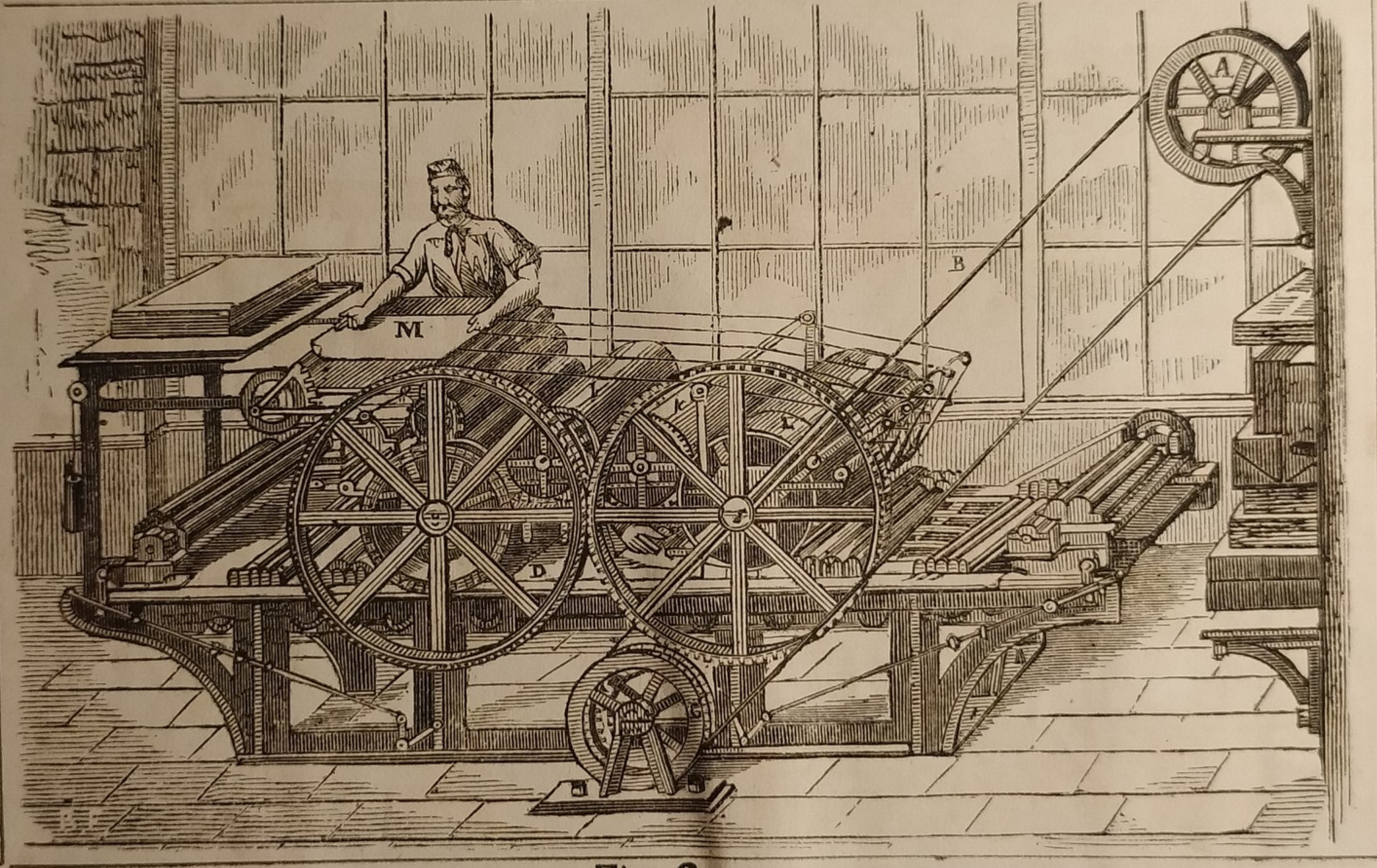


Fig. 6.

non resta che a collocarli sulla piattaforma del torchio ed assicurarli, per ottenere la impressione della pagina sulla carta.

Dall' epoca dell' invenzione della stampa fino al nostro secolo, la tiratura delle copie si è sempre ottenuta a mezzo de' *torchi a mano.* Ma al presente in quasi tutte le tipografie, intendesi già nelle primarie, la tiratura si ottiene a mezzo di un apposito meccanismo. Parleremo prima de' torchi a mano.

La *Fig.* 4, rappresenta il *torchio a mano*, che usasi anche adesso.

Vengono adagiate dapprima le così dette *forme* ossiano i caratteri impaginati sul piano *P* del torchio, e sopra questo l' operaio fa scorrere su e giù un rullo o cilindro di gomma elastica imbevuto d' inchiostro. Indi si abbassa il telaio *Z* sopra cui sta infisso un foglio di carta inumidito, e si appoggia sulla superficie delle forme. Finalmente si comprime la carta a mezzo della piattaforma aderente al torchio *N*, ed il foglio è bello e stampato.

La *Fig.* 5, dimostra, come si fa a spalmare d' inchiostro il rullo o cilindro, per tingere poi con questo i caratteri. Una determinata quantità d' inchiostro alquanto denso viene versato in una scannellatura praticata verso uno degli orli della tavola *T*. A mezzo del manubrio *M*, l' operaio fa girare il cilindro *D*, il quale trovandosi a contatto col liquido riposto nella sottoposta scannellatura, attrae a se l' inchiostro, e nell' aggirarsi lo assorbe e lo riversa poi equabilmente sulla superficie della tavola. L' operaio prende tosto il cilindro portabile *R*, lo spalma all' intorno d' inchiostro quanto basta, facendolo scorrere sulla tavola di già coperta del liquido, e poscia lo dirige al torchio per umettare col cilindro medesimo i caratteri delle forme come abbiamo indicato poc' anzi e come scorgesi dalla *Fig.* 4.

Tiratura a macchina. — Il primo torchio a macchina fu inventato nel 1790 da un meccanico inglese, per nome *Nichelson.* La *Fig.* 6, che rappresenta uno dei migliori sistemi de' torchi a macchina, fa conoscere con quale rapidità si possono ottenere migliaia di fogli stampati, con semplice aiuto di *due soli* operai.

La ruota *A* è posta in movimento da una macchina a va-

pore, e la coreggia *B* fa girare la ruota *C*. Questa s'ingrana colla grande ruota dentata che le sovrasta la quale incontrandosi co' denti della sua vicina, le imprime il moto ricevuto dalla ruota *C*. Queste due grandi ruote insieme ai cilindri infissi negli assi delle medesime, ed altri cilindri ancora, che sono in comunicazione con esse, mantengonsi costantemente in un moto rotatorio. La tavola o piatta-forma, sopra cui sono allogati i caratteri impaginati, riceve dalla ruota *C* un movimento orizzontale, di *va e viene* che la spinge di continuo innanzi e indietro, entro un determinato limite.

Un foglio di carta *M* si applica dall'operaio sulla superficie convessa de' tre cilindretti giranti *E*, *F*, *G*, e questi lo tirano a sè per dirigerlo e trasportarlo sul cilindro *H*, il cui ufficio è di porlo a contatto e di premerlo nello stesso tempo contro le forme de' caratteri di già spalmate d'inchiostro, che trovansi sulla tavola orizzontale, per cui la carta riceve immediatamente la impronta de' caratteri. Ma questa prima operazione si limita alla stampa di un lato solo del foglio, ed ecco in qual modo si ottiene la impressione dell'altro.

Quando il foglio di carta è stampato da una parte, la macchina stessa a mezzo di un congegno lo trasporta sul cilindro *I* intorno cui si ravvolge, restando la parte bianca al di fuori. Compiuto questo cilindro il suo giro, la carta passa sul vicino cilindro *K*, lasciando la parte impressa al di fuori, finalmente il foglio scorre sul terzo cilindro *L*, e nel rovesciarsi presenta di nuovo la superficie bianca, che riceve sull'istante la impressione dalle altre forme colle quali si trova a contatto.

Un giuoco ingegnoso di strisce, o fettucce di grossa tela, mantiene il foglio di carta ravvolto sopra i cilindri, e lo fa passare dall'uno all'altro. Finalmente la macchina stessa umetta coll'inchiostro i caratteri ad ogni singola tiratura, a mezzo di un meccanismo particolare costituito da un sistema di cilindretti di gomma elastica, come può vedersi ad una dell'estremità della macchina rappresentata dalla *Fig.* 6.

CAPITOLO II.

LA POLVERE DA CANNONE.

Storia, origine ed invenzione delle miscele infiammabili usate dagli antichi nei combattimenti. — È invalsa l'opinione generale che la polvere da cannone sia stata inventata da un monaco versatissimo nelle scienze fisiche, da *Ruggero Bacone*, il quale viveva nel secolo XIII. Questa opinione però è alquanto inesatta. Non puossi al certo stabilire in via positiva, nè attribuire ad alcuno scienziato in particolare, la invenzione dell'attuale nostra polvere da guerra. Sino da' tempi più remoti, le miscele infiammabili si usavano quali mezzi di attacco, o di difesa, tanto in Oriente che in Occidente. Ma sopratutto in Asia da tempo immemorabile, si fece uso nei combattimenti di siffatte miscele, che in seguito furono a poco a poco perfezionate.

Noi quindi esporremo in questo *Capitolo*, come tali combinazioni siansi perfezionate in Europa in modo da ridurle a tal grado di forza, da lanciare pesanti proiettili ad enormi distanze, e con quali mezzi si giunse a creare la moderna artiglieria.

Impiego dei fuochi da guerra presso gli orientali. — L'Asia produce abbondantemente diverse sostanze combustibili naturali e sono: la nafta, il bitume, l'olio di sasso detto *petrolio*, ed altri simili, le quali mescolate col catrame e con certi olii grassi, danno delle materie infiammabili, che facilmente si attaccano agli oggetti contro cui sono lanciati. Di tali materie

fecero molto uso anticamente i chinesi, gl' indiani, ed i mongolli.

Nel secolo VII queste miscele incendiarie s' introdussero anche in Europa. I greci del basso impero furono i primi ad usarne, e da quell' epoca vennero chiamati *fuoco greco.* La invenzione o, per dir meglio, il perfezionamento di tal fuoco si attribuisce ad un architetto della Siria per nome *Callinico.*

Il fuoco greco. — La miscela delle sostanze infiammabili, conosciuta comunemente sotto il nome di *fuoco greco*, era ben lontana dal possedere quello straordinario grado di forza, e di potenza incendiaria, che tanti storici si compiacquero di accordarle. Questo genere di fuoco era pe' guerrieri di Oriente un mezzo per ispargere lo spavento nelle file nemiche, meglio che un' arma offensiva e micidiale.

Ora si conosce esattamente qual era la composizione del *fuoco greco.* Un miscuglio di nafta, di catrame, di resina, di olii grassi, di succhi d' erbe ridotti a secco, alle quali cose aggiungevansi altri metalli combustibili polverizzati. Il salnitro non formava parte dell' amalgama del *fuoco greco* nei primi tempi in cui venne posto in uso.

In qual modo poi adoperavasi il fuoco greco, in caso di guerra? Negli assedii, si lanciava a mezzo di baliste, o balestre per incendiare le torri, allora di legno, e le barricate. Nelle battaglie navali, si riempivano de' *brulotti* con questa materia infiammabile, i quali spinti dal vento se spirava nella direzione delle navi nemiche, andavano a bruciare i fianchi, o le prore delle medesime. Qualche volta lanciavasi il *fuoco greco*, a mezzo di grossi tubi di rame, o di bronzo posti sulla prora del bastimento. Nei combattimenti terrestri, il fuoco greco si adoperava assai di rado qual mezzo di offesa, usandolo invece, come abbiam detto per atterrire il nemico.

Il fuoco greco introdotto presso gli arabi. — Il fuoco greco fece riportare a' Greci del basso impero molte vittorie navali, dal secolo IX fino alla presa di Costantinopoli all' epoca della *Crociata* nel 1204. Dopo la presa di questa capitale, questo fuoco venne anche conosciuto dai Musulmanni.

A quest' epoca cioè al principio del secolo XIII la composizione del fuoco greco ebbe un grande perfezionamento. Vi si aggiunse il *salnitro,* denominato scientificamente *azotato di*

potassa o di soda. I chinesi conoscevano già da gran tempo questo sale che si dilata, liquefacendosi sui carboni ardenti, aumentando la forza della combustione, e lo splendore della fiamma.

Il *salnitro* trovasi già alla superficie del suolo chinese in istato di continua efflorescenza, e si raccoglie levando un sottilissimo strato di terra, la quale sciogliesi nell' acqua calda unitamente al sale, e fatta evaporare l'acqua si raccoglie sul fondo del recipiente il salnitro bensì impuro, ma atto a liquefarsi, e ad attivare energicamente la combustione delle materie infiammabili quali sono: lo zolfo, il carbone, le materie grasse o resinose. Coll' aggiunta del salnitro impuro in convenienti proporzioni alle materie infiammabili, di cui prima si faceva uso come mezzo di spavento, o di offesa ne' combattimenti, i chinesi accrebbero considerevolmente la combustibilità di queste miscele. In tal modo il fuoco greco acquistò nelle loro mani un nuovo grado di potenza.

Gli arabi impararono da' chinesi ad aggiungere il salnitro in natura al fuoco greco, ma non saprebbesi stabilire l'epoca precisa.

I greci del basso impero non impiegarono il *fuoco greco*, che ne' combattimenti navali. Gli arabi al contrario non se ne servivano che ne' combattimenti terrestri, e negli assedii. Per lanciare il fuoco greco ai Saraceni aveano varie macchine diverse l'una dall' altra. Negli assedii si lanciava il fuoco colle *baliste*, con macchine *a leva* e con macchine *a fronda*, contro le torri di legno e le barricate che si voleva incendiare.

Ne' combattimenti corpo a corpo, si adoperavano *balestre*, *freccie* e *lancie infuocate*; dal nome di tali bellici stromenti si può conoscere in qual modo si adoperavano. Ne' loro combattimenti contro i cristiani, i Saraceni usavano le così dette *mazze da aspergere*, le quali spezzandosi sul corpo dell' inimico lo coprivano ad un tratto di fuoco greco. La cavalleria portava seco delle boccie di vetro piene di questo miscuglio incendiario, le quali aveano l' orlo spalmato di zolfo, e ad un dato segnale si dava fuoco allo zolfo. La boccia scoppiava, e le materie infiammabili accese dallo zolfo coprivano ad un tratto e cavallo e cavaliere, il quale coraggioso spingevasi a carriera nelle file nemiche portando lo spavento, e lo scompiglio.

I crociati che non sapevano battersi che col ferro, erano presi dal terrore quando vedevano le loro armi coperte dal fuoco degl' infedeli, e lo storico *Ioinville* che prese parte anch' egli alle guerre della Terrasanta, ci lasciò la memoria della profonda impressione che faceva il fuoco greco, e le armi infuocate de' Saraceni sull' animo e sul coraggio de' soldati cristiani.

Si credette per lungo tempo, che il fuoco greco bruciasse con tanta forza ch' era impossibile estinguerlo, e che anzi l'acqua gettatavi sopra per arrestarne il progresso, non faceva che accrescerne la forza; ma è ormai provato, che il fuoco greco si può spegnere coll'acqua.

Invenzione della polvere da cannone. — Sembra stabilito che gli arabi, e non altri, i quali aggiunsero il *salnitro* alle materie che componevano il fuoco greco, dove entrava lo *zolfo* e il *carbone*, sieno stati i primi a continuare nella formazione di una miscela analoga, e poco dissimile della polvere da cannone, usata anche oggidì.

Nel secolo XIV gli arabi erano abbastanza progrediti nelle cognizioni chimiche, e riuscirono perciò ad usare il salnitro, liberandolo da qualsiasi materia eterogenea che ne ritardava, e diminuiva la combustione. Il salnitro così purificato, e perciò più attivo, essendo stato aggiunto allo zolfo ed al carbone, diede un miscuglio, dalla cui combustione, atteso lo sviluppo de' gas formati dalla medesima, si poteva ottenere una forza espellente e tale da lanciare un proiettile.

Tuttavia il salnitro preparato dagli arabi era ancora troppo impuro per dare alla polvere da guerra una gran forza di proiezione. La polvere preparata nel secolo XIV non avrebbe certamente potuto imprimere ai proiettili la forza e la velocità necessaria per forare le massiccie armature di ferro de' soldati di quell' epoca. Per conseguenza nel secolo XIV la polvere da guerra non veniva usata che per lanciare delle grosse pietre che schiacciavano sotto il loro peso gli edifizii, ed i bastioni delle città assediate. Queste prime bocche da fuoco si chiamavano *bombarde*.

Sarà però bene osservare, che la scoperta della polvere da cannone non fece rinunziare ne' primi tempi all' uso del fuoco greco, tanto presso i musulmani, quanto anche in Europa. E

per vero le prime *bombarde* non servivano solamente a lanciare proiettili contro le città assediate, ma anche a lanciare il *fuoco greco*. Questo fatto proverebbe d'altronde abbastanza, come non sia verace la opinione invalsa generalmente, che il segreto della preparazione del fuoco greco erasi già perduto in Europa.

I lavoratori di fuochi artifiziali conoscevano perfettamente il modo di comporre questo fuoco, e il modo di usarlo, e nel secolo XIV, anzi che essere l'arte perduta, si adoperava, come abbiamo veduto, negli assedii, ed usavasi anche per l'esplosione delle mine; venne però abbandonato a poco a poco, ossia mano a mano che si perfezionò la polvere da cannone.

I cannoni impiegati per la prima volta a Firenze nel 1325. — Nell'anno 1325, secondo un antico documento autentico, il *gonfaloniere*, e i dodici *buoni uomini* della città di Firenze, nominarono due *ufficiali* incaricati di far costruire delle *bombe* e de' *cannoni* di ferro, per la difesa de' castelli e de' villaggi appartenenti alla repubblica fiorentina. Egli è adunque in Italia, che si fece uso per la prima volta del cannone.

Similmente nel 1331 si trasse giovamento dall'armi da fuoco all'assedio di Cividale del Friuli.

In Francia adoprossi la polvere di cannone per la prima volta nell'anno 1339, sotto il regno di Edoardo III alla occasione dell'assedio di Cambrai.

Nell'anno 1345 si fabbricarono de' cannoni nella città di Cahors, e si caricarono con palle di piombo.

Se gl'inglesi usarono la polvere da cannone dopo i francesi, essi furono per altro i primi a servirsene in aperta campagna, e ciò avvenne contro di noi (*) nella fatale giornata di *Crecy*, il 26 agosto 1346, nella quale diressero contro le nostre truppe tre cannoni caricati a piccole palle di piombo.

Essendo stata attribuita la nostra disfatta all'impiego di queste tre bocche di ferro, tutti gli stati europei adottarono tosto l'uso dell'artiglieria.

L'opinione pubblica si pronunzia contro l'artiglieria. — Il cannone che fino a quest'epoca (1346) avea tuonato contro

(*) Il lettore non dimentichi una volta per sempre che lo scrittore francese accenna alla sua nazione.

le mura e i bastioni delle città strette d'assedio, si rivolse ben presto contro gli stessi combattenti. L'impiego dell'artiglieria sembrava agli uomini d'armi di que' tempi un atto vile e ignominioso, un tradimento. Ripugnava loro di adoperare nella guerra degli stromenti co' quali l'uomo più vile, e più timido poteva uccidere da lungi, e al sicuro un guerriero il più coraggioso. Il concilio di *Latran* proibì di dirigere contro gli uomini queste macchine da guerra *troppo micidiali e invise al sommo Dio!* Gli artiglieri tedeschi doveano giurare di non servirsi mai de' cannoni contro gli uomini. Ma dopo il successo degl' inglesi nella giornata di *Crecy*, questi scrupoli generosi svanirono, e l'uso delle armi da fuoco si fece generale e si diffuse per tutta l'Europa.

In Francia verso l'anno 1350, i comuni possedevano ormai cannoni, artiglieri, e un maestro di artiglieria per resistere agli attacchi de' *Feudatarii*. Nel 1376 gl' inglesi che nella battaglia di *Crecy* (1346) non aveano che soli *tre* cannoni attaccarono *San Malò* con *quattrocento* bocche da fuoco!

Nel 1380 si videro per la prima volta i cannoni a bordo delle navi da guerra.

Bartolommeo Schwartz perfeziona le bocche da fuoco. — Si attribuì da molti a Bartolommeo Schwartz monaco di Friburgo, che viveva verso la metà del secolo XIV l'invenzione della polvere da cannone. Ma quanto questa opinione sia mal fondata, si può rilevare da ciò che abbiamo detto poc' anzi intorno a questo argomento. Tuttavia è fuor di dubbio, che lo Schwartz perfezionò l'invenzione de' cannoni, essendo stato il primo a formarli di *piombo* e *stagno* fusi insieme in date proporzioni, mentre i primi cannoni erano costituiti di varii pezzi di ferro battuto, legati insieme con cerchi egualmente di ferro.

Nell' anno 1378 Bartolommeo Schwartz fece conoscere alla repubblica di Venezia, che allora era in guerra co' suoi vicini, un amalgama metallico abbastanza consistente ed elastico, adatto alla confezione delle bocche da fuoco, e insieme atto a resistere alla forza della polvere.

I veneziani si servirono di questi cannoni nell' assedio di Chioggia, restarono in breve vittoriosi e padroni della piazza, e rimunerarono generosamente l'inventore.

Creazione e progresso dell' artiglieria. — Nata questa in Italia, e perfezionata nella Svizzera, atteso il nuovo modo di costruzione de' cannoni trovato dallo *Schwartz* venne ben presto organizzata definitivamente nelle principali armate di Europa. Carlo VIII re di Francia dovette la sua pronta conquista del regno di Napoli, alle innumerevoli bocche da fuoco ch' egli condusse seco coll' armata in quella spedizione. Francesco I che instituì in Francia molte fonderie di cannoni, e molte fabbriche di polvere, emanò il primo decreto relativo alla istituzione di un uffizio amministrativo per la *polvere e il salnitro* (*).

Riassunto della storia della scoperta della polvere da cannone. — Dopo quanto abbiam detto, si può conoscere definitivamente, che la scoperta della polvere da guerra non potrebbe attribuirsi a un solo e determinato individuo. La polvere da cannone non è il risultato degli studii e degli esperimenti di un solo individuo, ma gli sforzi e le prove di più persone, in più secoli. Una lunga serie di perfezionamenti successivi presso i popoli dell' Asia e dell' Europa, riguardo alla preparazione de' miscugli incendiarii che da tempo immemorabile s' impiegano ne' combattimenti, diede origine col progresso naturale delle cose e del tempo a questo terribile agente di distruzione, che ha esercitato una così profonda influenza sul destino de' popoli moderni.

Cause dell' esplosione della polvere. — La polvere è una mescolanza combustibile, che deve la sua potenza di esplosione e la sua proprietà di lanciare i projettili da lontano alla seguente circostanza, vale a dire: alla subitanea trasformazione di questa materia solida in più *gaz*, che occupano uno spazio considerevole, e il cui volume è maggiormente aumentato dalla dilatazione che loro imprime il calorico.

Lo zolfo, il carbone e il salnitro sono materie solide. Durante la combustione prodotta dall' ossigeno che il carbone cede allo zolfo e al nitro, produconsi i due gas, *acido carbonico* ed *azoto*, e la produzione di questi gas è rapidissima. Inoltre sic-

(*) Giova aggiungere che i cannoni *rigati*, e in questi ultimi anni i cannoni *Cavalli*, *Armstrong* resero sopramodo terribile la forza dell' artiglieria.

come qualunque combustione sviluppa il calorico, questo aumenta di molto il volume de' gas che si formano dalla combustione della polvere. Si venne a conoscere da' fatti esperimenti che abbruciandosi *un litro* di polvere, sviluppansi 800 *litri* di gas. La subitanea trasformazione della polvere in gas, è dunque il solo motivo de' potenti effetti meccanici, che accompagnano la esplosione della polvere stessa.

Fabbricazione della polvere. — La polvere da cannone è un miscuglio di *zolfo, carbone* e *salnitro*, in date proporzioni, le quali materie sono solide e combustibili. In due maniere si può preparare la polvere: mediante il processo de' *pistelli*, che è il più antico e che usasi ancora nelle fabbriche di Francia, per la confezione della polvere da guerra; e mediante il processo delle *macine*, che usasi per la preparazione della polvere da caccia. La differenza di questi due processi non consiste che nella manipolazione, ossia nella maniera di operare la mescolanza delle tre materie ch'entrano nella fabbricazione della polvere.

CAPITOLO III.

LA BUSSOLA.

Si dà il nome di *calamita* ad un minerale composto di due ossidi di ferro combinati insieme, del quale alcuni terreni abbondano, e che ha la proprietà di attirare a sè il *ferro*, e qualche altro metallo, come sarebbe a dire il *nikel*, e il *cobalto*.

Secondo un'antichissima tradizione un pastore per nome *Magnète*, andando in cerca di una pecorella smarrita sul monte Ida, si accorse che il suo bastone ch'era munito alla estremità inferiore di una grossa punta di ferro aderiva fortemente ad un nerastro macigno sul quale stava passando, come se fosse trattenuto da una forza ignota; questo macigno era un ammasso di *calamita*. L'antichità di questa leggenda prova che la calamita dev'essere stata conosciuta nei tempi più rimoti, presso differenti popoli.

Ago calamitato. — Ne'secoli VII e VIII dell'êra volgare, i commercianti chinesi facevano dei lunghi viaggi marittimi. Pretendesi che questi si servissero già dell'*ago magnetico* per dirigere le loro navi attraverso i mari, e per avere la direzione nelle loro corse. Qualche erudito vorrebbe sostenere, che i chinesi conoscevano questo mezzo così prezioso per assicurarsi nella navigazione fino dall'anno 121 dopo Gesù Cristo. In ogni modo il più antico documento che si trova nelle opere chinesi intorno a quest'oggetto, non è che del secolo XI.

La calamita presso i Greci ed i Romani. — I greci ed i romani hanno conosciuto la calamita, ch'essi chiamavano col

semplice nome di *pietra*, cioè pietra per eccellenza, ma essi si contentarono di ammirarla senza trarne il minimo partito. Essi sapevano che la *calamita* tirava a sè il ferro, ma hanno sempre ignorato la sua virtù principale, cioè la proprietà esclusiva di dirigersi costantemente al *Nord*.

La bussola conosciuta in Europa nel secolo XII. — Verso il secolo XII si conobbe l'*ago magnetico* in Europa. Gli Europei trovandosi in continuo contatto cogli Arabi al tempo delle crociate, ottennero da essi questa preziosa rivelazione. Gli Arabi poi avevano appreso l'uso della *bussola* dagl'indiani perchè in grazia dei negozianti chinesi, l'impiego dell'ago magnetico si era diffuso nei mari delle Indie.

Un documento che ci fornisce la storia letteraria della Francia stabilisce con una completa evidenza, la conoscenza della bussola in Europa verso la fine del secolo XIII. Un poeta trovatore francese, certo *Guyot de Provins,* scrive così nell'anno 1180:

Une pierre laide et bruniere
Ou le fer volentièrs se joint.

Questi due versi costituiscono il titolo storico più antico e più autentico rispetto alla bussola europea. Da ciò dunque può dedursi che la bussola venne conosciuta dai navigatori d'Europa soltanto verso il fine del secolo XII. *Ugo Bertin* che viveva ai tempi di S. Luigi, presso a poco, e quasi contemporaneamente al trovatore Guyot de Provins, racconta, che l'*ago magnetico* si chiudeva in un fiasco di vetro mezzo riempiuto d'acqua, e che lo si faceva galeggiare sull'acqua a mezzo di due piccoli fuscellini di paglia. Ma chi ebbe poi la felice idea di collocare l'ago magnetico sopra un pernetto appuntito di acciaio, infisso perpendicolarmente nel centro del fondo di una scattola rotonda, costruendo in tal modo la così detta bussola?

Gl'italiani vorrebbero attribuire questo merito a un capitano o piloto, di nome *Flavio Gioia,* nativo del regno di Napoli; ma tal onore loro viene contrastato. Quello però che si può accordare agl'italiani si è, ch'essi diedero il nome di *bussola* a tale apparecchio scientifico.

Gl'inglesi pretendono di avere scoperta la bussola, e l'uso

della medesima per avere applicato l'ago magnetico a un picciolo disco di cartone sulla cui superficie erano segnate 32 linee rette, che partendo dal centro si dirigevano in 32 parti eguali corrispondenti ai *trentadue venti*. Checchè ne sia, il *giglio* che si trova segnato sul disco di cartone, e che presso tutte le nazioni marittime indica il *nord*, potrebbe essere un indizio, che la *bussola* abbia avuto in Francia notabili perfezionamenti.

Spiegazione de' fenomeni che presenta l'ago magnetico. — Il principale fenomeno che ci presenta l'ago magnetico, cioè la costante sua proprietà di dirigersi verso il *nord*, e di ritornarvi tosto se vuolsi deviare, spiegasi facilmente, se si considera lo stesso globo terrestre come un'immensa *calamita naturale*. La terra nella sua azione magnetica ci presenta in fatto, tutt'i fenomeni che sono particolari alle calamite naturali ed artifiziali.

Se si ravvoltola in una sufficiente quantità di limatura di ferro un pezzo di calamita naturale di forma oblunga, od anche una spranghetta di ferro calamitato, osservasi che la limatura di ferro attratta dall'azione magnetica, non è egualmente distribuita sopra tutta la lunghezza del pezzo di calamita naturale, o della spranga di ferro *magnetizzata*. Vedesi la limatura fissarsi specialmente ed in maggior copia alle due estremità, e diminuirsi la sua quantità a misura che si allontana da esse; nella parte centrale della spranga, l'attrazione è nulla, nè vi si attacca alcuna particella di limatura, come puossi riscontrare dalla *Fig.* 1. Chiamansi *poli* le due estremità *a b* della spranga, e *linea neutra n t* la parte centrale di essa, dove appunto la forza magnetica è eguale a *zero*. I due poli di un pezzo di calamita naturale, o di una spranghetta di ferro *magnetizzata* sembrano esercitare un'azione identica quando si presenta loro la limatura di ferro; ma questa identità non è che apparente. I fisici ammettono la esistenza nella calamita di due fluidi, ciascuno de' quali agisce sopra sè medesimo per *ripulsione*, e sopra l'altro per *attrazione* e che il risultamento dell'azione si manifesterebbe alle due estremità o *poli* della calamita. E diffatti, se sospendesi un ago magnetico *a b (Vedi Fig.* 2*)* ad un sottil filo magnetico, e si avvicina un altro ago *A* magnetizzato, alternativamente al polo *a* ed al polo *b* del-

l'ago sospeso, vedrassi che l'estremità *A* dell'ago che si tiene in mano attira a sè l'estremità *b* dell'ago sospeso, ch'è la sua contraria, e respinge invece l'estremità *a* ch'è la sua simile, per cui da questo fenomeno si venne a stabilire la legge fisica espressa nella seguente formola: i poli *magnetici dello stesso nome si respingono, ed i poli di nome contrario si attraggono.*

La terra può considerarsi come una gran calamita perchè dessa produce, agendo sopra i differenti corpi magnetizzati, tutt'i fenomeni che osservansi nell'azione reciproca che gli aghi magnetici esercitano gli uni sopra gli altri. Se un ago magnetico appoggiato orizzontalmente col suo centro sopra un pernetto verticale trovandosi libero nel suo movimento si dirige costantemente verso il *settentrione*, vale a dire subisce da parte del globo terrestre un'attrazione sempre nel medesimo senso, ciò significa, che la terra operando a quella stessa guisa della calamita, ed attraendo uno dei poli dell'ago calamitato verso il suo polo di nome contrario, va a ripetere assolutamente il medesimo caso delle due calamite che agiscono l'una contro l'altra, attraendosi coi loro *poli* di nome contrario: una di queste calamite è la *terra*, l'altra è l'*ago magnetico* che noi siamo intenti a considerare.

Come tutte le calamite naturali od artifiziali, la terra presenta *due poli* che hanno proprietà opposte ed una *linea neutra*, e così pure l'attrazione magnetica del globo è la più possente alle due estremità, ovvero ai suoi due *poli*, e quasi nulla al centro della sua figura, vale a dire all'*equatore*. Ed in fatto l'azione magnetica si accresce a mano a mano che si va avvicinandosi ai di lei *poli*, e scemando a mano a mano che si va allontanandosi, riducendosi poi a *zero* all'*equatore*.

Bussola marina. — La bussola che serve a dirigere i naviganti attraversando i mari, non è altro che l'ago magnetico il quale collocato orizzontalmente sopra un perno appuntito, e lasciato in libertà di muoversi, si dirige costantemente con una delle due estremità verso il polo settentrionale della terra, ed indica per conseguenza ai naviganti la direzione del loro viaggio.

I primi navigatori non osavano allontanarsi di troppo dalle spiaggie, e s'erano obbligati a prendere l'alto mare, essi non aveano per guida che il sole durante il giorno, e la stella po-

lare la notte. Ma il sole non sempre risplende, e può essere coperto ad ogni istante dalle nubi, e così pure non brillano costantemente le stelle, e vanno soggette anch' esse allo stesso inconveniente dell'astro maggiore. Come adunque si avrebbe potuto dirigere un bastimento, privi di questi soccorsi spontanei della natura, e slanciarsi in alto mare, senza pericolo di urtare in qualche scoglio, o d'investire in qualche banco di sabbia? L'ago magnetico venne quindi in soccorso dei naviganti, ed ora è desso soltanto che addita il cammino ai viaggiatori marittimi, e tutela le loro sostanze e la loro vita. E diffatti un ago magnetico appoggiato orizzontalmente e liberamente sopra un perno, prende e conserva sempre la medesima direzione, quella cioè del *nord*.

La *Fig.* 3 rappresenta l'elemento essenziale della bussola ossia l'*ago magnetico A* sostenuto dal perno *B*, munito all'estremità superiore sopra cui riposa e si aggira l'ago magnetico, di una cappa di agata. La *bussola marina* è costituita da un ago magnetizzato, posto orizzontalmente ed in equilibrio sopra un perno verticale, fissato sul fondo di una scattola rotonda di legno o di rame. Il ferro dev' essere bandito nella costruzione della scattola o cassetta in cui devesi collocare l'ago magnetico, perchè in allora questo non sarebbe più libero nel suo movimento, e potrebbe anche cangiar direzione. L'ago magnetico è applicato in modo da poter secondare qualsiasi moto ondulatorio del bastimento, senza alterare menomamente la sua posizione orizzontale. Onde ottenere ciò la scattola che contiene l'ago magnetico viene mantenuta sempre in direzione orizzontale, a mezzo di un particolare meccanismo qualunque sia la inclinazione del bastimento. Per moderare la oscillazione e la grande mobilità dell'ago magnetico, vien desso collato sopra un sottilissimo disco di cartone avente un forellino nel centro, che permette all'ago stesso di porsi a contatto coll'estremità del perno sopra il quale deve appoggiarsi onde poter girare liberamente.

La *Fig.* 4 rappresenta lo spaccato di una bussola e serve a dare un'idea del modo di sospensione dell'ago magnetico. Le lettere *cc*, *dd* rappresentano la scatola nel cui interno è riposto l'ago magnetico *b* sul perno che lo sostiene. Le lettere *ff* indicano due aperture laterali per osservare senz'aprire il coperchio della bussola, la direzione dell'ago magnetico.

Da molti anni la bussola usata a bordo dei bastimenti non ha più le due aperture laterali per osservare la direzione dell'ago magnetico senza aprire il coperchio della medesima, ma in quella vece un grosso disco di cristallo serve di coperchio e lascia osservare ad ogni istante qualsiasi movimento, o deviazione dell'ago magnetico.

Chiamasi *rosa* quel circolo disegnato sul disco di cartone sottoposto all'ago magnetico, del cui ufficio abbiamo poc'anzi parlato, diviso in 32 scompartimenti eguali che diconsi *rombi*, corrispondenti ai 32 *venti*. Le quattro punte principali della *rosa* segnano i quattro punti cardinali conosciuti sotto i nomi di *Nord*, *Sud*, *Est* ed *Ovest*. Queste quattro divisioni principali suddividonsi in altre quattro intermedie, le quali corrispondono ai venti di *Nord-est*, *Sud-est*, *Nord-ovest*, e *Sud-ovest*, e chiamansi *mezzi-rombi*. Questi si dividono in *quarti di rombo*, e quest'ultimi in *ottavi*.

La *Fig.* 5 rappresenta la *rosa* colle sue divisioni, e fa vedere la posizione dell'ago o laminetta magnetica.

La bussola serve a dirigere la prora del bastimento verso il luogo dove si vuol giungere. Si è tracciata nell'interno della cassettina la quale è di forma quadrata una linea verticale *t*, la quale dev'essere esattamente parallela all'asse longitudinale del bastimento. Esaminando la posizione dell'ago magnetico sul quadrante della bussola in rapporto alla scattola che lo contiene, si può tosto conoscere in qual direzione si avanza la prora del legno senza guardare altrove. Quando il capitano ordina al piloto di dirigere il bastimento secondo quel tale, o quel tal altro *rombo*, il piloto mantiene sempre il timone nella direzione prescritta, essendochè la direzione della *chiglia* varia secondo che il tratto della prora corrisponde ad uno od all'altro raggio della *rosa*.

Declinazione dall'ago magnetico. — Per molto tempo si è creduto che l'ago magnetico in qualsiasi punto si trovasse del globo, dirigesse costantemente una delle sue estremità verso il nord. Cristoforo Colombo fu il primo che si avvide nel 1492 strada facendo per la scoperta del nuovo mondo, che l'ago deviava sensibilmente dal punto vero settentrionale.

Nell'anno 1559 i navigatori olandesi tracciarono delle tabelle per constatare questa *variazione* secondo i varii punti della superficie terrestre. Altri osservatori più diligenti nota-

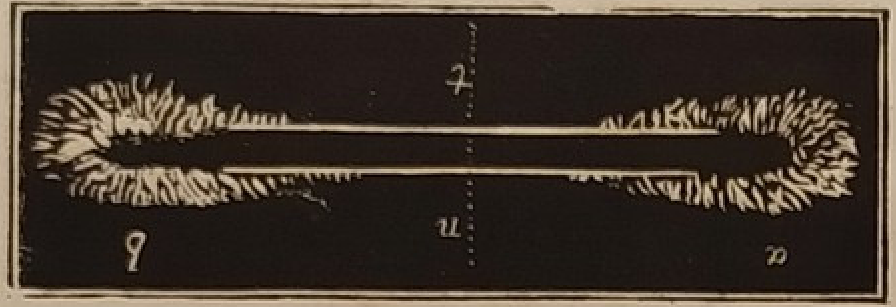


Fig. 1.

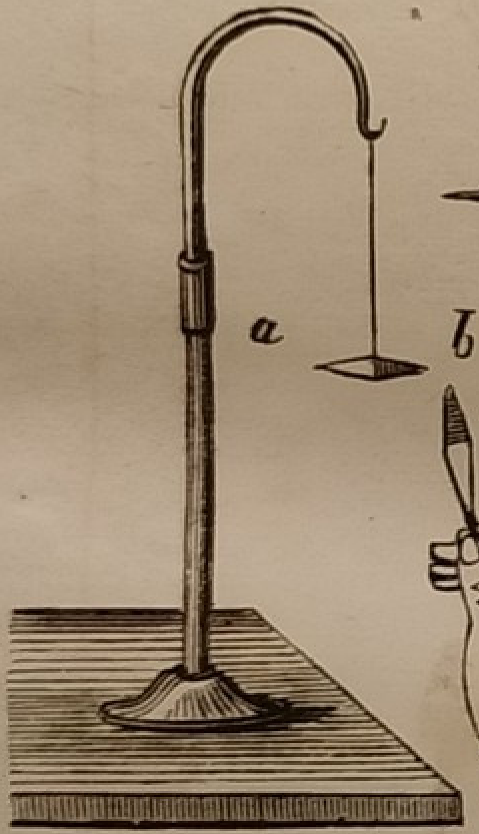


Fig. 2.

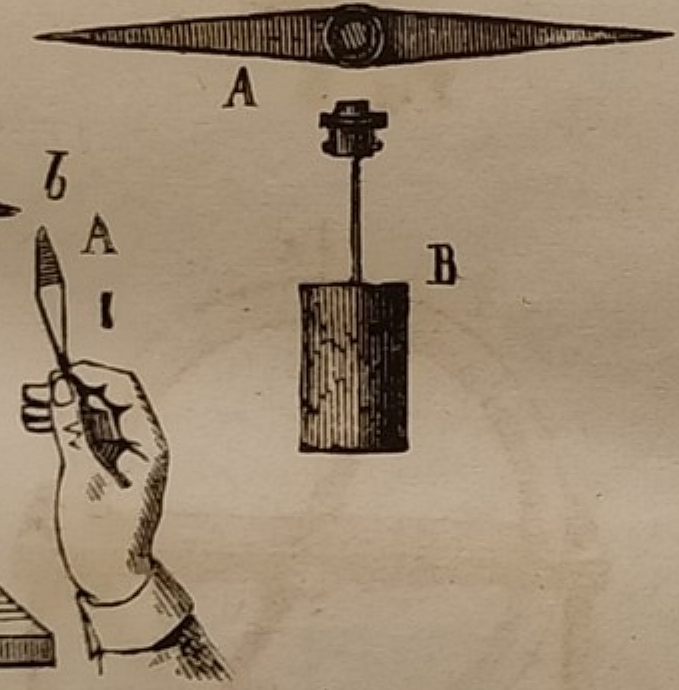


Fig. 3.

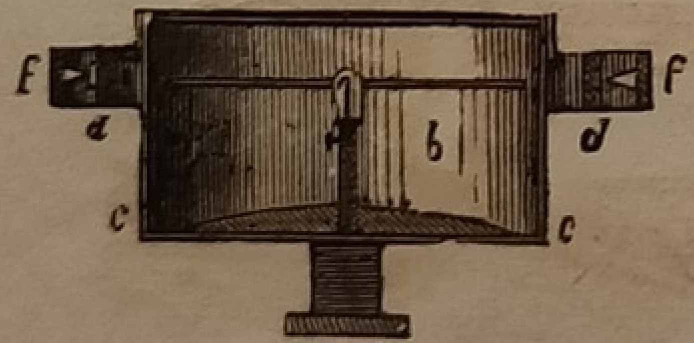


Fig. 4.

Fig. 5.

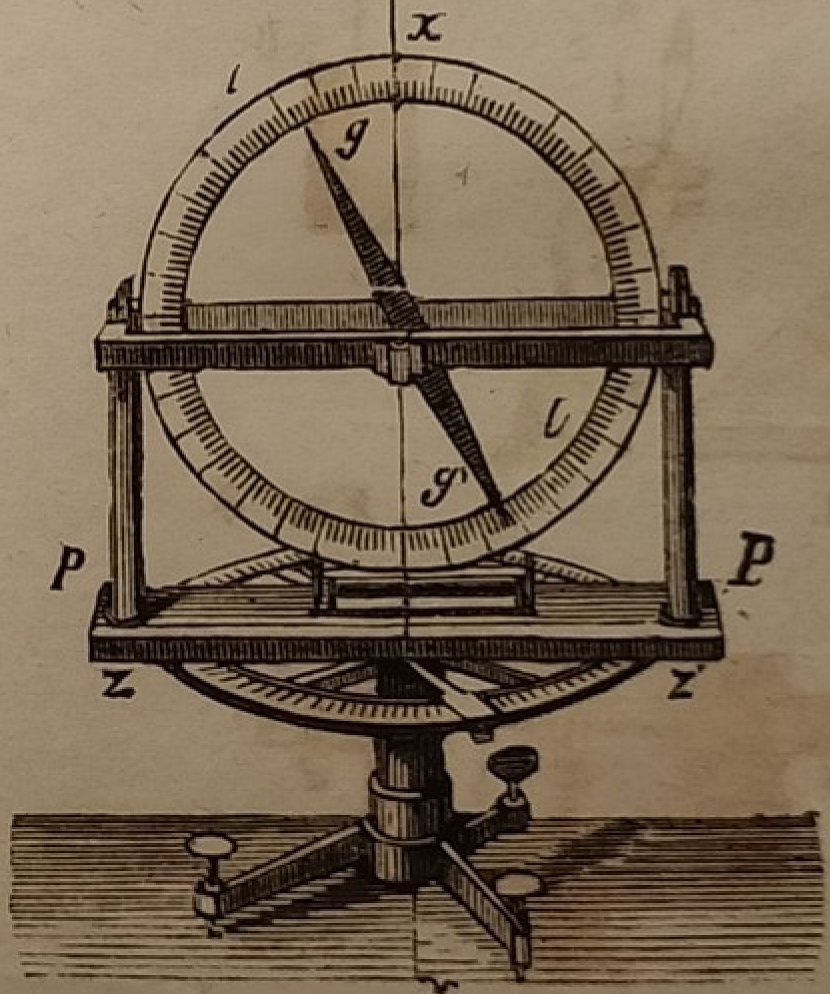


Fig. 6.

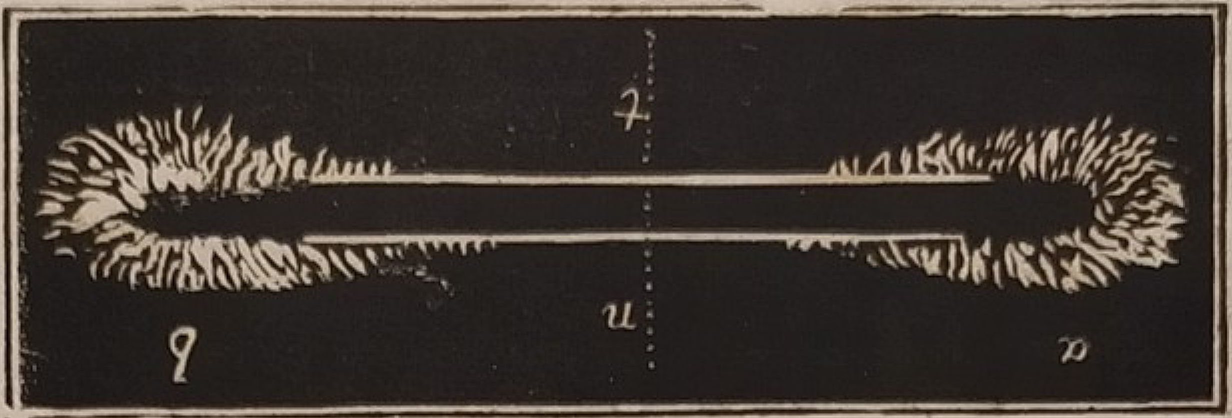


Fig. 1.

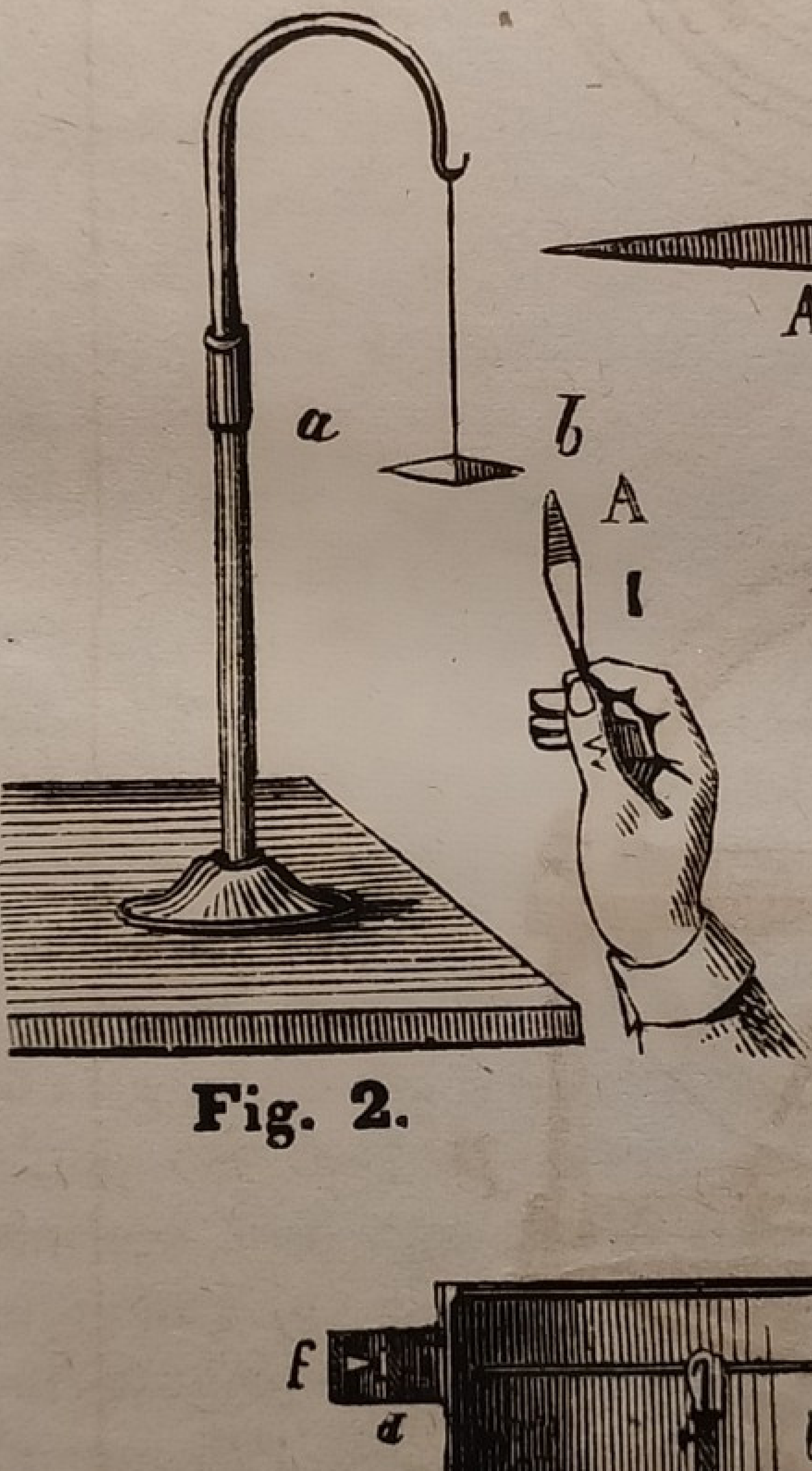


Fig. 2.

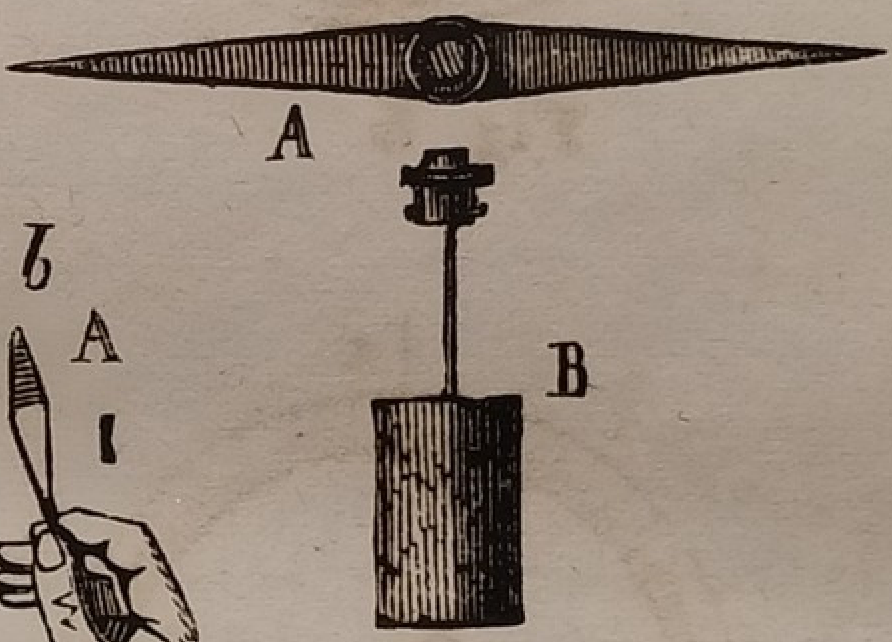


Fig. 3.

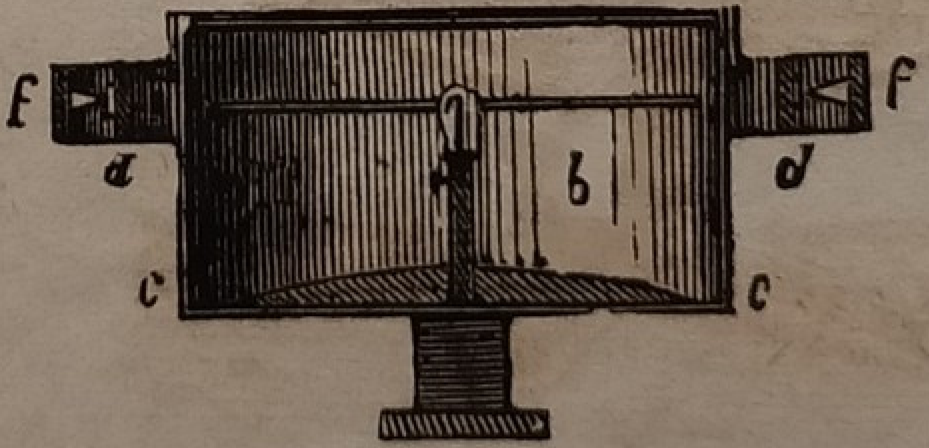


Fig. 4.

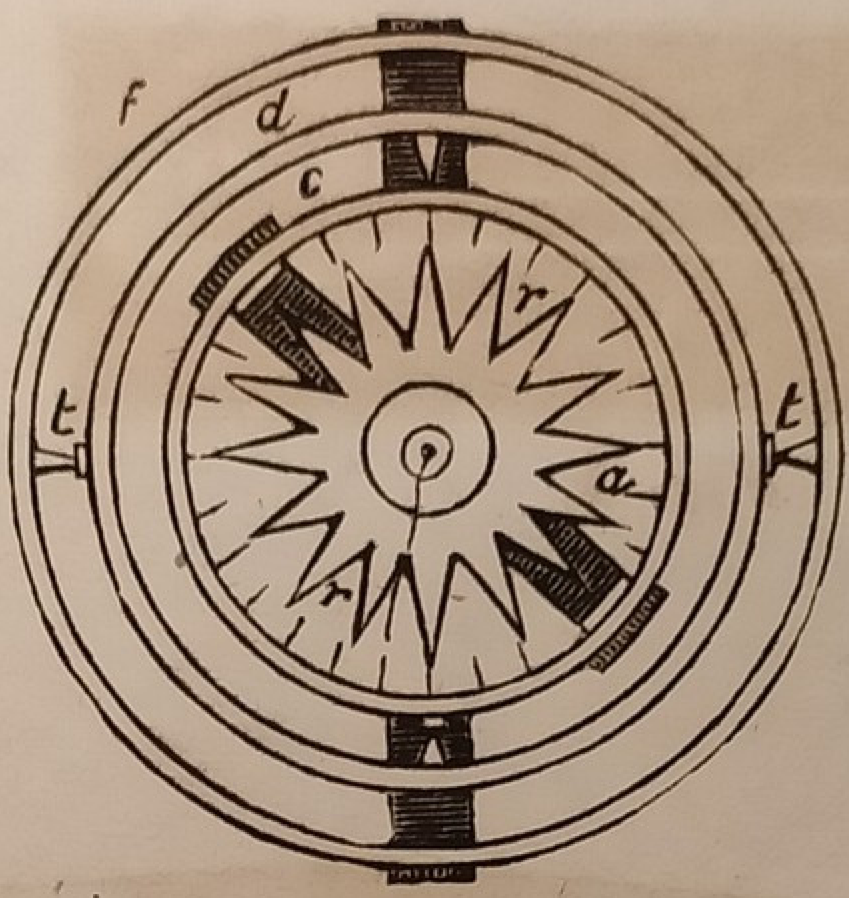


Fig. 5.

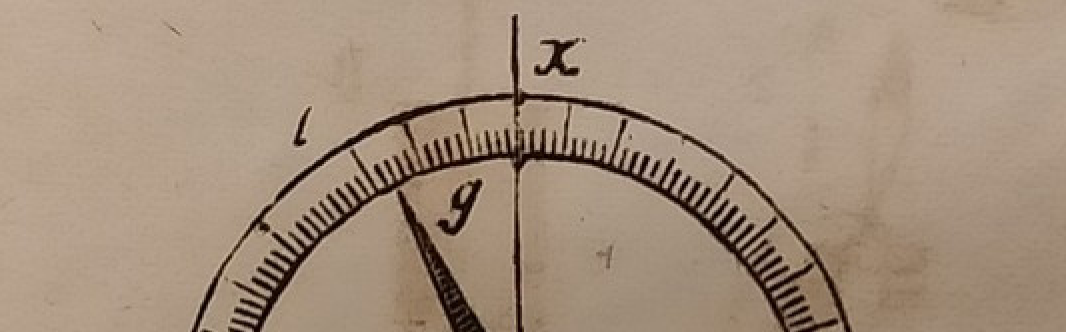


Fig. 6.

rono, che non solo l'ago magnetico subiva una sensibile deviazione passando da un punto all'altro, ma anche rimanendo fermo nel medesimo luogo.

Da quel momento si distinse la direzione *variabile* dell'*ago magnetico*, dalla direzione *costante* del *meridiano magnetico*. L'angolo che risulta fra i due meridiani diversi dicesi, scientificamente parlando, *declinazione*, e secondo che l'estremità dell'ago devia verso l'est, o verso l'ovest del meridiano, la declinazione s'intitola *orientale* od *occidentale*. I marinai poi alla declinazione danno il nome di *variazione*.

La declinazione dell'ago magnetico è variabilissima da un luogo all'altro. Essa è *occidentale* in Europa, *orientale* invece in America e al nord dell'Asia. Ma nel medesimo luogo presenta innumerevoli variazioni, le quali si distinguono in *regolari*, ed in *irregolari*, e diconsi *perturbazioni*. Le aurore boreali, l'eruzioni vulcaniche, la caduta de' fulmini, disturbano ed alterano tanto la direzione quanto la declinazione dell'ago magnetico.

Le *perturbazioni regolari* sono secolari, annuali, mensili, ed anche giornaliere. Dalle tabelle redatte con tutta esattezza a Parigi, si è potuto rilevare che in questa città, la declinazione ha variato più di 31 gradi dall'anno 1580 al 1851, essendochè nel 1580 la declinazione dell'ago magnetico era di 11°, 30° all'*est*, e nel 1851 era di 20°, 25° all'*ovest*. Si rimarcò poi che in questo periodo di tempo la declinazione dell'ago era nell'anno 1663 eguale a *zero*, vale a dire, che il meridiano magnetico ed il meridiano terrestre, si sono in detto anno confusi, per essersi trovati nel medesimo piano.

Inclinazione dell'ago magnetico. — Fino all'anno 1576 si è creduto che l'ago magnetizzato dovesse mantenersi costantemente *orizzontale*. Quando vedevasi che si abbassava più da una parte che dall'altra, si riteneva che il centro di gravità dell'ago non fosse stato bene stabilito. In detto anno *Roberto Norman*, uno de' più celebri meccanici di Londra, venne a conoscere mediante una semplicissima esperienza, che la causa della *inclinazione* dell'ago, è tutt'altro che lo squilibrio riguardo al peso. Essendosi deciso di misurare il peso necessario per istabilire la compiuta orizzontalità di un ago magnetico, trovò che non era in rapporto colla lunghezza de' bracci dell'ago, e

che per conseguenza dovea esservi un' altra causa ben diversa da quella, che provocasse questa *inclinazione*.

La vera causa della *inclinazione* dell' ago magnetico, fino allora ignoto, si venne a scoprire a mezzo di un meccanismo particolare (*Vedi Fig.* 6) inventato dal suddetto Norman fabbricatore d' istromenti di fisica.

Sospendesi un ago magnetico *gg* in modo ch' egli si muova liberamente sul proprio asse, o centro di gravità, nel piano verticale del meridiano, e venga ad esso impedito da un telaio di muoversi in senso orizzontale; in allora s' inclinerà verso l' orizzonte, come appunto vedesi nella suindicata figura. Questa *inclinazione* diviene maggiore e più sensibile, a misura che si va avvicinando verso l' uno o l' altro polo del globo terracqueo in maniera che, ne' paesi compresi nella zona dell' equatore, vi sono molti punti in cui l' ago si mantiene perfettamente *orizzontale,* mentre che nelle regioni polari artiche ed antartiche avvi un punto in cui l' ago resta perfettamente *perpendicolare*. Diedesi il nome d' *inclinazione* a queste diverse posizioni dell' ago, rapportandosi all' orizzonte. I punti situati verso i *poli* ne' quali l' ago prende la posizione *verticale* chiamansi *poli magnetici*. La linea della regione equatoriale, lungo la quale l' ago si mantiene orizzontale, dicesi *equatore magnetico*.

Utilità della Bussola. — La bussola è pel navigatore lo strumento più prezioso; perchè appunto, mercè le sue indicazioni, egli può conoscere con certezza il corso del suo bastimento. Questo istromento rende il medesimo servigio anche in terra. Trovandosi, per esempio, nel centro di una foresta, nelle tortuose vie sotterranee di una miniera, avendo seco una bussola tascabile, questa potrà indicare la via da prendersi per uscire dal bosco, o dalla miniera, colla scorta della direzione dell' ago magnetico sempre rivolto a settentrione.

CAPITOLO IV.

LA CARTA.

Storia. — Le foglie degli alberi preparate in modo da ricevere sulla loro superficie la scrittura, sono di antichissima origine. Gli Egiziani ne fecero uso da tempo immemorabile, e trasmisero ai romani i varii processi pratici, per rendere la superficie delle foglie liscia, brillante, scorrevole e suscettibile di conservarsi a lungo.

Il *papiro* è un albero che vegeta lungo le sponde del Nilo, e nelle paludi dell'Egitto. La sua corteccia è costituita da sottilissime laminette l'una sopra l'altra che si distaccano facilmente, le quali assoggettate ad una preparazione chimica si prestano a ricevere l'impronta de' caratteri. I papiri migliori chiamavansi *papiri icratici,* i sacerdoti se ne servivano per iscrivervi sopra i trattati religiosi, preghiere e simili, e per tema che fossero adoperati per opere profane, le antiche leggi egiziane proibivano che si vendessero. Questo rigore però venne deluso, perchè alcuni amatori romani per avere questa qualità di papiro tanto preziosa, comperavano a caro prezzo in Egitto alcuni libri religiosi, li lavavano diligentemente sino a che la scrittura era scomparsa, e poscia se ne servivano per iscrivervi sopra quanto loro piaceva. Questi papiri lavati, erano tenuti a Roma in gran pregio, e furono decorati dello specioso titolo di *carta augusta.*

Il primo saggio di carta da scrivere venne inventato in oriente. I chinesi la fabbricarono colla *seta,* i Giapponesi col

cotone, col *canape*, colla corteccia del *gelso* e colla *paglia di riso.*

I processi relativi alla confezione della carta erano posti in pratica da tempo assai rimoto in Oriente, quando alcuni fabbricatori arabi presero la determinazione nel secolo XI di trasferirsi in Ispagna, e istituirvi delle fabbriche di carta di cotone. Tostochè fu conosciuto in Europa il processo della fabbricazione della carta di cotone, non si tardò ad aprire qua e là delle officine, e in breve tempo si diffuse l'uso della carta per tutto l'Occidente. Gli arabi aveano eretto fabbriche di carta a Septa ora Ceuta, ed a Xantia ora San Filippo. Da principio la carta veniva fabbricata dagli arabi col cotone crudo, e siccome non conoscevano ancora i molini ad acqua, nè gli altri processi che rendono la carta propria a ricevere la scrittura, tal qualità di carta era ancora molto imperfetta, avea poca consistenza, e si lacerava al minimo sforzo o stiratura.

Carta di lino. — La carta di lino venne introdotta nell'anno 1300. Una lettera indirizzata nel 1315 dallo storico Joinville a Luigi X re di Francia, è scritta sopra carta di *lino.*

Nelle manifatture europee si potè facilmente sostituire il lino al cotone crudo, che nei primi tempi e secondo il processo degli arabi, serviva alla confezione della carta. Ma invece di adoperare il lino crudo, si credette meglio valersi degli stracci di tela ridotti in minuzzoli, fatti bollire e mantenuti in fermentazione: per cui assoggettati a un tale trattamento offrivano una pasta molto adatta, per essere convertita in carta. Gli stracci di cotone vennero usati in Europa quando si stabilirono delle fabbriche di stoffe di questa materia.

L'invenzione de' molini a braccia, e poscia quelli a *martello* mossi dall'acqua, de' quali si fece uso in Italia per la prima volta nelle fabbriche della carta di cotone, furono la cagione del perfezionamento di tali fabbriche.

Le prime qualità di carta che si confezionarono in Europa servirono per la scrittura, per cui avea molto corpo, o consistenza, ed erano spalmate con colla. I primi libri si stamparono sopra carta con colla, il che permetteva di eseguire su' margini all'intorno delle pagine stampate, miniature a mano in colori e dorature per farli credere manoscritti. Non si cominciò che nel secolo XVI a stampare i libri sopra carta senza

colla, per cui da tal' epoca il prezzo della carta da stampa diminuì quasi la metà.

Nei secoli XVII e XVIII ebbero grande incremento e si perfezionarono molto le fabbriche della carta in Francia e in Germania. Nel 1655 la Francia esportò in Inghilterra ed in Olanda oltre due milioni di lire tornesi di carta di ogni sorta.

Carte da tappezzerie. — La fabbrica delle carte grosse, e a basso prezzo, che servono a coprire i muri de' nostri appartamenti ha origine anche questa dalla China e dal Giappone. Verso l'anno 1555 gli Olandesi e gli Spagnuoli introdussero tal uso in Europa. La carta da tappezzerie sostituì le tappezzerie di erbe, e di giunchi che si fabbricavano a Pontoise, e quelle così dette di cuoio dorato, che i Veneziani dicevano *cuori d'oro*, sì riccamente stampati, i quali nel medio evo decoravano le sale e le pareti de' palazzi e de' castelli principeschi. Trovasi ancora qualche ricco avanzo di tali tappezzerie presso gli antiquarii od in qualche museo, come ve n'ha anche in quello di Cluny a Parigi.

Soltanto nell'anno 1760 si è trovato il modo d'inverniciare le carte colorate per tappezzerie, il che le fa durare molto tempo, non ricevendo così facilmente la umidità dell'aria, nè potendosi fermarvi sopra la polvere.

Progresso nella fabbricazione della carta. — I perfezionamenti nell' arte manifatturiera relativi alla confezione della carta furono assai lenti, o poco sensibili, nei secoli XVII e XVIII. I processi usati durante questo lungo periodo di tempo esigevano un numero considerevole di operai, perchè ogni singola operazione si eseguiva a mano. La scoperta della fabbricazione della carta col mezzo delle macchine, vale a dire, la carta così detta a *macchina*, diede a questa industria un grande incremento. Il merito di questa scoperta interessante dee attribuirsi ad un francese, per nome *Luigi Robert*, impiegato nella fabbrica di carta di *Essonne*. Fu nell'anno 1799 che Luigi Robert immaginò una serie di apparecchi meccanici, che permettevano di confezionare de' fogli di carta di una lunghezza indefinita sopra una determinata larghezza. L'inventore ottenne dal governo francese una ricompensa di 8000 franchi.

Ma il sistema di Robert avea bisogno di essere perfezionato, come avviene in tutte le invenzioni, onde rendere maggiori

servigi. Fu in Inghilterra che nel 1803 l'invenzione del Robert venne migliorata. Maurizio Didot Saint-Leger, proprietario della fabbrica di carta di Essonne, aveva comperato da Luigi Robert il privilegio per la carta così detta *continua*. Non avendo trovato in Francia i soccorsi necessarii per migliorare il sistema del Robert, determinossi di andare in Inghilterra sperando di trovare maggiori risorse, e le sue speranze non rimasero deluse. La perseveranza del Didot, e le grandi somme di denaro, che furono poste a sua disposizione da molti fabbricatori di Londra, posero in grado il Didot di costruire l'ammirabile macchina che serve col giorno d'oggi per fabbricare la carta *continua*.

Nel 1814 Didot ritornò in Francia portando seco la sua gran macchina. Egli ridusse secondo i trovati miglioramenti una macchina di simil genere, ch'era stata costruita da un certo *Calla*, dietro il sistema *Robert*, per espressa commissione di *Berthe* proprietario della cartiera *Sorel*. Sebbene questa nuova maniera di confezionare la carta sia stata inventata in Francia, si dovette ricorrere all'Inghilterra per avere gl'incoraggiamenti necessarii a perfezionarla. Vedremo più innanzi, che tal fatto si riprodusse, rispetto alla invenzione, e all'applicazione pratica del *gas illuminante*.

Nell'anno 1827 esistevano in Francia *quattro* fabbriche di carta, che lavoravano a macchina, e nel 1834 erano giunte a *dodici*; al giorno d'oggi (1859) se ne contano più di 230. Gli studii, e i continui esperimenti fatti in Francia in parecchi anni, specialmente da' fabbricatori Chapelle, Canson e Montgolfier, apportarono grande incremento in un'industria così importante.

La fabbricazione della carta in Italia pone in movimento circa 300 cartiere e 12,000 operai, che danno un prodotto annuo del valore di 20 milioni di franchi. Le cartiere ancor fiorenti di Fabriano nel Piceno e quelle di Colle in Toscana, presso Siena, esistevano fino dai primordii del secolo XIV.

Oggidì il Piemonte, la Liguria e la Lombardia sono i paesi della penisola che fabbricano la maggior quantità di carta di tutte le specie. Nelle antiche provincie del regno, dopo la libertà della stampa e la riforma doganale, la produzione totale della carta aumentò del 28 per 100, e aumentarono nel tempo stesso le importazioni dall'estero. Il centro della fabbricazione della

carta è Voltri, presso Genova, che ne manda una considerevole quantità nelle Americhe, non che nel Levante, nella Spagna e nel Portogallo, i quali paesi se ne servono per formare i loro cigaritos. Il numero delle cartiere piemontesi e liguri è di 43 con 3,300 operai, che producono per il valore di circa 6 milioni e mezzo di franchi.

Le cartiere lombarde sono 90 con 2000 operai che producono per il valore di 4 milioni e mezzo di franchi. Queste cartiere sono quasi tutte a mano: gli stabilimenti meccanici principali sono le fabbriche di Varese e di Vaprio, quella di Alzano Maggiore (provincia di Bergamo), gli stabilimenti di Besozzo e di Briosco presso Carate.

Il Veneto conta parecchie cartiere nel Vicentino, nel Veronese e nel Friuli. Nel resto della penisola le principali fabbriche di carta sono quelle di Pescia e Pistoia nella Toscana; di Bologna, di Iesi, di Fabriano, di Chiaravalle, di Foligno e dei dintorni di Roma negli antichi Stati Romani; nell'isola di Sora, di Picinisco, d'Amalfi e di Carnello nel Napoletano.

La nostra esportazione consiste quasi esclusivamente in carta da impacco ed in quella da cigaritos; l'introduzione della carta estera riguarda invece le qualità di lusso, la carta da lettera e quella da disegno.

Assai rilevante è in Italia l'industria degli stracci, che se tutti fossero manufatti nel paese, scemerebbero di molto il tributo che paghiamo agli stranieri per l'acquisto della carta. Una certa quantità di stracci si esporta dal Piemonte, dalla Liguria, dagli Stati Romani, dalla Toscana e dalla Sicilia. In Toscana questo commercio raggiunge un'alta importanza, avvegnachè fornisce ogni anno 36 milioni di chilogrammi di stracci: Livorno è il deposito generale di questo articolo.

Processi pella confezione della carta. — La carta si fabbrica al giorno d'oggi seguendo due processi, vale a dire: a mano, o col mezzo di apparecchi meccanici. La confezione della carta a *macchina*, ha sostituito quasi dappertutto la fabbricazione della carta a *mano*, Questo metodo che fu il primo, e per molti secoli il solo, è limitato in oggi alla confezione soltanto di alcune qualità speciali di carta distinta, o di lusso, e per alcuni determinati consumi, mentre la fabbricazione della carta a mezzo di apparecchi meccanici, fornisce la generalità delle differenti specie di carta per qualsiasi uso. Ci faremo ora a descrivere separatamente questi due processi.

Confezione della carta a mano. — Portati alla fabbrica

gli stracci i quali sono di *lino* o di *cotone*, vengono prima ridotti in minuzzoli, poscia umettati coll'acqua, finalmente riposti in grandi recipienti di pietra, o di legno, detti *marcitoi*. Questa massa organica vegetale sotto l'influenza dell'acqua e del calorico che si sviluppa da sè, si dispone a poco a poco alla fermentazione. Le materie eterogenee alla sostanza organica, la quale costituisce la vera e la sola sostanza della carta, subiscono una decomposizione, e un'alterazione più o meno completa, mentre la vera parte organica vegetale, ch'è meno alterabile, resiste alla decomposizione. L'infracidamento de' cenci ha per iscopo di ilberare la sostanza organica, la quale serve unicamente alla fabbricazione della carta, dalle sostanze le più nauseanti di cui sono inquinati e imbevuti i pezzetti di lino o di cotone, coi quali devesi formare la pasta per la carta, e da qualsiasi altra materia eterogenea che vi fosse frammista. La fermentazione della carta si fa durare quanto occorre, cioè secondo la temperatura del locale ove trovansi i marcitoi, secondo la qualità della carta che devesi fabbricare; in ognuna però di tali circostanze il tempo della fermentazione non oltrepassa i venti giorni. Ad onta che la sostanza organica sia liberata dal sucidume e dalle sostanze eterogenee, rimane sempre una massa fetidissima, la quale però si riduce ad una pasta propria a confezionare la carta, trasportandosi entro a delle grandi tine di legno piene di acqua che diconsi *pile a maglio*. A queste tine sono applicati quattro o cinque magli ferrati, i quali a mezzo di un particolare congegno si alzano e si abbassano cadendo sulla massa contenuta nelle tine, e sono posti in movimento o dall'acqua, o da macchine a vapore. La successiva caduta di questi magli determina uno sconvolgimento ed un movimento della massa organica, e serve a distruggere affatto il tessuto degli stracci. Quando credesi conveniente si sospende il movimento dei magli, e si trasporta la pasta in un'altra tina nella quale subisce la definitiva triturazione, e viene come suol dirsi *raffinata*.

Ora trattasi di trasformare questa pasta in carta. Per ottener ciò si passa in un'altra tina, in cui si versa quella tal quantità di acqua per ridurre la pasta a quel tal grado di densità, corrispondente allo spessore che vuol darsi alla carta. Un operaio tiene in mano un telaio di legno di forma oblunga

ad angoli retti armato da una parte di sottilissimi fili di rame che sono sostenuti da altri fili più grossi, tirati di traverso, e posti a convenienti distanze, le cui traccie si scorgono, ponendo il foglio di carta verso la luce. Entro a questo telaio se ne colloca un altro più picciolo detto *fraschetta*, il quale serve a determinare la grandezza, e la grossezza del foglio di carta che si vuol fare. L'operaio immerge la forma ricoperta dalla *fraschetta* nella pasta liquida, mantenendola sempre orizzontale, e poscia la ritira; indi l'operaio scuote pian piano la forma, procurando di tenerla sempre in direzione orizzontale, acciocchè la pasta possa distribuirsi in modo uniforme sul fondo della forma o telaio e farsi aderente in ogni punto alla grata di fili di rame. Viene poscia levata la *fraschetta*, e fatta sgocciolare la forma, si capovolge sopra un pezzo di stoffa di lana. Il foglio di carta si distacca da sè dal fondo della forma e va ad adagiarsi sul drappo, indi si copre con un altro pezzo di stoffa pronta a ricevervi sopra un altro foglio, e così di seguito fino ad un certo numero. Fatto ciò, si collocano questi fogli ammonticchiati un sopra l'altro, unitamente ai pezzi di stoffa che li separano sotto un torchio, per liberarli da qualsiasi residuo acquoso. Levati i fogli di carta ancor umidi, si pongono attraverso una funicella perchè si asciughino, indi si spalmano con colla ottenuta da una soluzione di gelatina animale, se però la qualità della carta preparata lo richiegga; si sottomettono nuovamente al torchio perchè la colla possa con facilità penetrare nella porosità della carta, si fanno asciugare ancora, e finalmente si riuniscono i fogli di carta in quinterni di 25 fogli per cadauno, per formare le così dette *risme*, costituite da 20 quinterni, i quali corrispondono a 500 fogli di carta. Fatto ciò s'impaccano e si pongono in commercio.

Fabbricazione della carta a macchina. — Come già abbiam detto poc'anzi, al presente si lavora pochissima carta a *mano*, e non usasi più in generale far marcire gli stracci nelle tine, nè assoggettarli all'azione dei magli, ad eccezione però di qualche fabbricatore retrogrado, che vuole ancora seguire il vecchio metodo. Il processo della confezione della carta a *macchina* rappresenta in oggi il metodo seguito generalmente in Europa in quasi tutte le cartiere. Noi adun-

que ci faremo prima a descrivere le varie operazioni precedenti la formazione de' fogli di carta.

Scelta dei cenci, ed assoggettamento di essi alla lisciva. — Gli stracci arrivano imballati alla cartiera scelti grossolanamente. La prima operazione adunque è quella di sceglierli con diligenza, separando cioè, quelli di lino, da quelli di cotone, di lana e di seta, e formandone quattro distinte categorie. I cenci di lana e di seta vengono rivenduti dal proprietario della fabbrica, perchè non sono atti alla confezione della carta. Si classificano anche in cenci *nuovi*, ed in cenci *logori* o *vecchi*, in cenci *bianchi* o *colorati*. Ma per fare questa separazione, conviene prima scucire e tagliare gli stracci troppo grandi riducendoli in piccoli pezzi, levare le orlature cucite, staccare bottoni, fibbiette, fermagli od altro che potesse essere attaccato ai cenci. Questo lavoro preparatorio occupa un gran numero di operaie, e richiede molta diligenza e molta cura. Dopo la scelta, gli stracci si assoggettano alla lisciva di soda, la quale rende bianchi i cenci colorati, e li libera in generale dal sucidume, e dall' unto di olio o di grasso di cui sono impregnati, finalmente si lavano nell'acqua pura.

Sfilatura de' cenci. — Questa operazione può calcolarsi il principio, l' esordio della preparazione propriamente detta della carta. Trattasi di distruggere il tessuto de' cenci, e disgregare affatto i fili incrocicchiati fra loro, di renderli assolutamente politi, e di rimescolarli in maniera da formarne una pasta. La sfilatura de' cenci si compie in un grande recipiente di legno di forma quadrilunga, entro il quale è collocato nella direzione della maggiore sua lunghezza un cilindro metallico, sostenuto alle due estremità da due perni su' quali si aggira velocemente, e munito all' intorno di bastoncelli di legno smussati, che vanno ad ingranarsi con alcune lame di metallo, assicurate sulla parte interna e concava di una piastra metallica che circonda a conveniente distanza il cilindro suddetto ch'è sospeso alla metà dell' altezza del recipiente.

La sfilatura o smembratura degli stracci si opera fra la superficie concava della piastra, e la convessa del cilindro, il quale vien posto in movimento dall' acqua o dal vapore. Lo spazio che risulta fra il cilindro e la piastra metallica, viene riempiuto di stracci, i quali, ammolliti continuamente dall'acqua,

vengono schiacciati, triturati e disciolti dall'ingranaggio dei bastoncelli di legno del cilindro, colle lamine taglienti di metallo infisse all'intorno della piastra metallica, per cui vengono trasformati e ridotti ad una vera pasta, la quale si passa tosto in un altro recipiente, costruito come il primo e avente nel suo interno il medesimo apparecchio meccanico, dove in forza di una maggiore velocità impressa al cilindro, la pasta viene raffinata, e ridotta a dovere.

Imbianchimento della pasta. — Dopo questa operazione la pasta conserva ancora un po' di colore che non potè essere del tutto tolto agli stracci dalla lisciva. Per rendere adunque la pasta affatto bianca, si leva da essa una gran parte di acqua che contiene ancora, a mezzo della compressione in apposito recipiente.

Finalmente la si pone in altro recipiente di legno ben chiuso, entro cui s'introduce del cloro in istato gazoso. Questo gas il quale ha la proprietà di togliere affatto qualsiasi colore, anche il più forte, e qualsiasi materia, si ottiene riscaldando un miscuglio formato di *sale marino* e di *acido solforico*, e di un composto che usasi di frequente ne' laboratorii chimici, il quale dicesi *perossido di manganese*. Per imbiancare 500 chilogrammi di stracci ridotti in pasta, occorre produrre lo sviluppo di circa quattro metri cubi di *gas di cloro*. Puossi imbianchire egualmente la pasta della carta co' cloruri di *calce* o di *soda*. Quando la pasta è completamente scolorata, si lava di nuovo, si passa sotto appositi cilindri per liberarla da qualsiasi principio cloridrico che potesse essere rimasto nella pasta medesima, ed ecco la pasta bella e pronta per essere convertita in carta.

Formazione dei fogli di carta. — Daremo ora un'idea della operazione complicata, e nello stesso tempo rapidissima, colla quale si trasforma la pasta in carta *continua*.

Ridotta così la pasta, viene conservata in un recipiente ripieno d'acqua in istato di sospensione, rimanendo per la sua leggerezza a galla dell'acqua. Questa pasta in istato quasi liquido, viene assorbita da una pompa, e trasmessa in un bacino più profondo. A mezzo di apposito congegno mosso dalla macchina a vapore, la pasta viene applicata in sottilissimo strato sulla superficie convessa di un grande cilindro coperto di fla-

nella, alla quale si attacca prontamente a cagione di una tal quale attrazione che risulta dal movimento assai rapido di cui il cilindro è dotato. Questa flanella coperta dallo strato di pasta si ravvolge tosto all'intorno di una serie di grossi cilindri metallici, vuoti nel loro interno e riscaldati dal vapore che viene all'uopo introdotto in essi. Il successivo passaggio dello strato di pasta sopra tanti cilindri riscaldati, fa sì, che la pasta si asciuga facilmente, s'indurisce a poco a poco, e finisce coll'acquistare la consistenza di un foglio di carta in istato umido. Formasi in tal modo una larga striscia di carta *continua*, la quale passando a mezzo dello stesso meccanismo sotto le forbici mosse egualmente dalla macchina, viene tagliata e divisa in fogli di quella dimensione che si vuole. I fogli di carta si pongono poscia ad uno ad uno fra due lastre di zinco, e vengono assoggettate in varie riprese alla pressione del torchio, per liberarli da qualsiasi residuo di umidità. Da ultimo i fogli di carta son disseccati entro una stuffa, e pronti all'uso.

Fabbricazione del cartone. — Il cartone si confeziona con vecchia carta che si fa marcire, e si riduce in pasta. Si tritura questa pasta fra due macine di pietra, e poscia si pone entro le *forme* come si fa nel confezionare la carta a *mano*, dando allo strato della pasta quello spessore che si vuole, a seconda della grossezza del cartone che si vuol preparare.

CAPITOLO V.

GLI OROLOGI DA TORRE, DA TAVOLO, E DA TASCA.

Storia. — Gli antichi dividevano in ore il tempo che passava fra due levate di sole, essi distinguevano le ore del giorno da quelle della notte. Determinavansi le prime dietro l'altezza del sole sopra l'orizzonte, le seconde a norma del corso delle stelle più brillanti del firmamento.

La Clessidra, ovvero il primo orologio degli antichi. — Il primo orologio di cui la storia faccia menzione è la *Clessidra* semplice, la quale consiste in un vaso cilindrico pieno d'acqua con un piccolo foro nel fondo. La *clessidra* è fondata sopra il seguente principio: si lasciano colare delle quantità eguali di acqua da un vaso avente un forellino nel fondo, il quale permette che il liquido si scarichi goccia a goccia in un altro recipiente sottoposto. Dietro questo principio si misurava il tempo pesando il volume dell'acqua scaricata in un un dato intervallo. Tale apparecchio quantunque insufficiente ed inesatto, fu tuttavia usato per qualche tempo dai greci e dai romani (*). Poscia venne modificato tracciando alcune linee equidistanti fra loro sull'esterno del vaso dal quale si scaricava l'acqua, per cui era facile di contare, e calcolare le divisioni del tempo.

(*) Trovasi nei discorsi di Demostene delle allusioni relative alla maniera di fissare la durata di un discorso, a mezzo della *Clessidra*.

Posteriormente la *clessidra* venne munita di un quadrante attaccato esteriormente al vaso contenente l' acqua, fornito di una freccia od indice, che movevasi a mezzo del seguente meccanismo. Sulla superficie dell' acqua contenuta nel recipiente, veniva collocato un sottil disco di legno, il quale abbassandosi a misura che l' acqua si scaricava, tirava a sè un filo attortigliato all' asse della freccia, la quale acquistava in tal modo un movimento rotatorio intorno al proprio asse, ed indicava successivamente le linee di divisione segnate sul quadrante. Questo è un progresso, perchè se anche l' agente motore della freccia era alquanto grossolano, la maniera di misurare le frazioni del tempo, aveva ricevuto un reale perfezionamento. Questo quadrante indicava bensì le ore, ma i periodi del tempo così misurato erano troppo corti. Si arrivò pertanto a risolvere il problema di una più lunga durata del corso degli orologi, facendo muovere le freccie del quadrante a mezzo di due ruote, una delle quali indicava le ore, e l' altra i minuti. Ctesibio di Alessandria fece costruire da un meccanico, 250 anni prima di Gesù Cristo una *clessidra* alquanto complicata.

Sembrava che la Clessidra avesse ricevuto egualmente presso gli orientali degl' importanti perfezionamenti, perchè 62 anni prima dell' êra cristiana, quando Pompeo rientrò a Roma trionfante di Tigrane, di Antioco e di Mitridate, si ammirava come uno dei più preziosi trofei delle sue vittorie una magnifica *clessidra* conquistata in Asia.

Gli orologi a sabbia. — Questi orologi sono costituiti da due picciole boccette di vetro unite insieme nella loro estremità superiore, e comunicanti l' una con l' altra a mezzo di un forellino praticato ai rispettivi orli. Una di queste boccette contiene una data quantità di finissima sabbia. Il tempo che impiega questa sabbia a passare dalla boccetta superiore in cui si trova, nell' altra ch' è vuota, determina l' intervallo di un' ora, di una mezz' ora, di un quarto d' ora, secondo la quantità della sabbia riposta entro la boccetta. Questo semplicissimo istromento, venne usato in Egitto molti secoli addietro per misurare il tempo. I Romani lo adoperavano contemporaneamente alla *clessidra*. L' orologio a *sabbia* usavasi ancora nelle assemblee della Sorbona nell' anno 1656.

L' orologio solare. — Questo è costituito da un quadrante

sopra il quale sono segnate alcune ore del giorno secondo il sito in cui è posto, avente nel centro una piccola spranghetta di ferro, la cui ombra si disegna sul quadrante medesimo. Viene tirata una linea perpendicolare la quale indica il mezzogiorno, e alcune altre linee oblique a destra ed a sinistra di questa, all'estremità delle quali vengono segnate alcune ore antimeridiane, e pomeridiane, secondo che lo permette la posizione del quadrante. Quando l'ombra del *gnomone*, (tale è il nome della spranghetta di ferro infissa sul quadrante), coincide con una delle linee segnate sul quadrante, in allora scade l'ora che trovasi segnata alla estremità di detta linea. La invenzione dell'orologio solare, si attribuisce ad alcuni greci scienziati, i quali si erano stabiliti in Alessandria di Egitto, per fondarvi una scuola rinomata. L'orologio solare è senza dubbio un istromento assai utile e importante, ma pur troppo è incompleto, perchè desso non si presta nelle ore notturne, e nemmeno in quei giorni dell'anno, e non sono pochi, in cui il sole è oscurato dalle nubi.

Come notevole perfezionamento degli orologi solari vuolsi ricordar la meridiana a *tempo medio* compiuta fino dal secolo XVII.

Imperfezioni dei processi conosciuti nel medio-evo per la misura del tempo. Scoperta degli orologi a peso. — Dal IV al X secolo dell'Era cristiana le scienze in Europa giacquero nelle dense tenebre della barbarie. A questa epoca invece le scienze fiorivano in Africa presso gli Arabi, e in Ispagna presso i Mori. Nel secolo IX un Califfo di Oriente denominato Haroun-al-Raschid colpiva di meraviglia Carlomagno avendogli inviato in dono una *Clessidra!* In que' barbari tempi l'Europa avea dimenticato persino l'arte di misurare il tempo, che avea appreso dagli antichi. I religiosi del medio-evo, erano obbligati la mattina prima dell'alba, di osservare alcune stelle per regolarsi a suonare le campane della loro chiesa, e nel 1108 il sagrestano dell'abbazia di Cluny, guardava anch'egli le stelle per conoscere l'ora in cui si dovevano svegliare i monaci, per recitare gli uffizii della mezzanotte. Nel secolo X la maggior parte dei monasteri della Germania, si regolavano per la recita del *mattutino*, col canto del *gallo!*

La prima menzione degli orologi si trova nell'opera manoscritta intitolata; *Usages de l'ordre de Citeaux*, compilata verso

l'anno 1120, dove è la prescrizione al sagrestano di regolare l'*orologio* dell'abbazia in modo ch'egli sia esatto a suonare l'ora del mattutino.

Nel 1370 al tempo di Carlo V comparve in Francia un grande orologio, costruito da un arabo per nome *Enrico de Vic*. Carlo V invitò questo scienziato a recarsi a Parigi per costruire l'orologio del palazzo reale, con assegno quotidiano prestabilito.

Il primo orologio a ruote mosso da pesi fu quello che venne collocato nell'anno 1306 sulla torre della chiesa di S. Eustorgio in Milano, il quale era a semplice mostra e senza campana. Il secondo fu costruito a Londra da Riccardo Wallingford monaco Benedettino nel 1325; e il terzo venne ordinato dal duca Azzo Visconti nell'anno 1328 a Guglielmo Zelandino, meccanico distinto di quell'epoca, pel campanile di S. Gottardo in Milano. Perciò l'orologio dell'arabo De Vic sarebbe d'oltre due terzi di secolo posteriore a quello di S. Eustorgio.

L'orologio della torre del palazzo reale era costituito quasi come gli orologi odierni. Avea per forza motrice un peso, per regolatore un bilanciere oscillante, ed era provveduto anche di uno *scappamento*. Ma ad onta di ciò l'arte degli orologi trovavasi ancora nell'infanzia. Queste macchine cronometriche erano assai pesanti e incomode; il motore dell'orologio del palazzo reale pesava 500 libbre.

Nel secolo XV si cominciò a servirsi degli orologi nelle osservazioni astronomiche, e si sa qual giovamento abbia recato all'astronómia l'applicazione di tali stromenti.

Il famoso astronomo danese *Ticone Brahe*, istitutore di Képler, possedeva nell'anno 1560 un orologio a minuti *primi e secondi*, e di questo se ne serviva con molto vantaggio nel suo magnifico osservatorio astronomico di Oranienbourg.

Applicazione del pendolo agli orologi. — La più grande scoperta che sia stata fatta relativamente agli orologi, è certamente quella del pendolo, il quale serve a regolare il tempo del medesimo. Che è adunque il pendolo? È un'asta o spranga metallica, la quale verso la estremità inferiore è munita di un grosso disco pure di metallo, conformato a due superficie convesse come una lente, la quale scorrendo lungo l'asta, può alzarsi ed abbassarsi secondo il bisogno. Sospeso il pendolo per la estremità superiore all'orologio a mezzo di un particolare congegno, qualora si sposti dalla perpendicolare, abban-

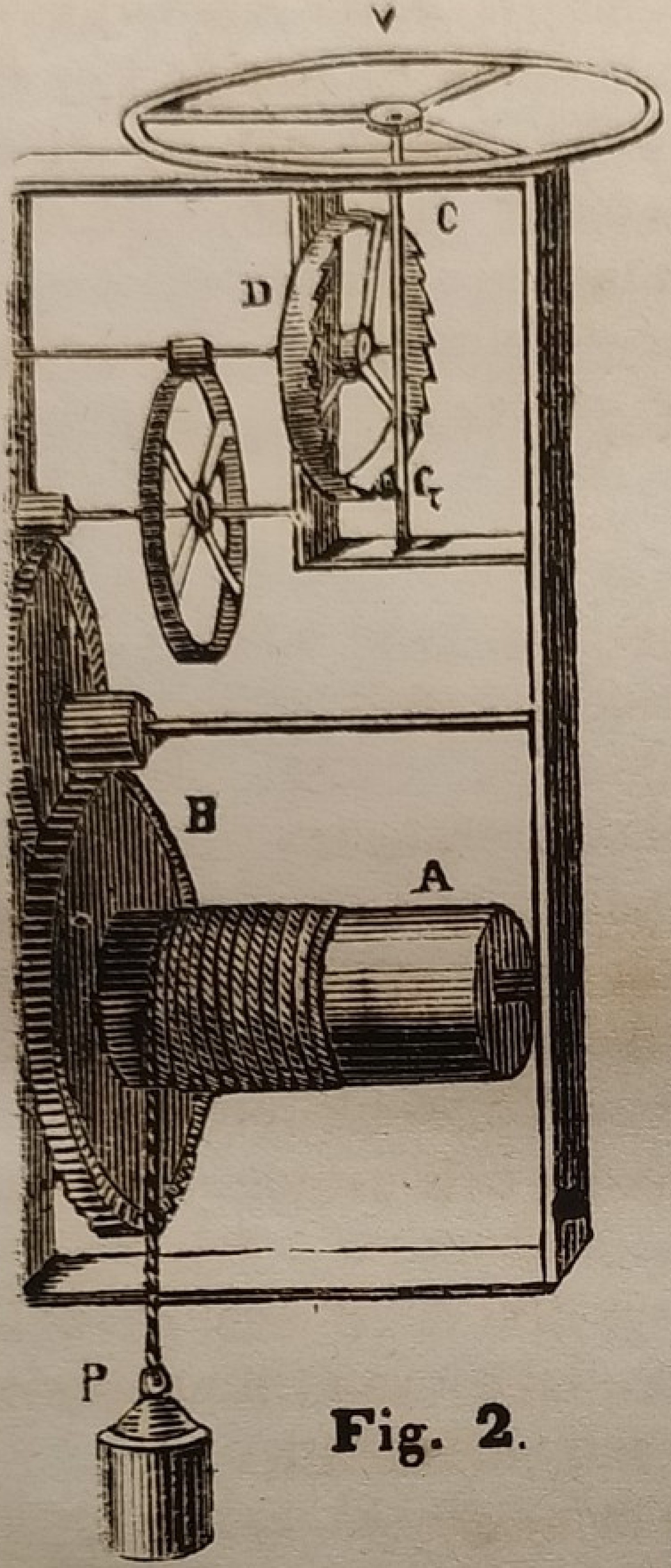


Fig. 2.

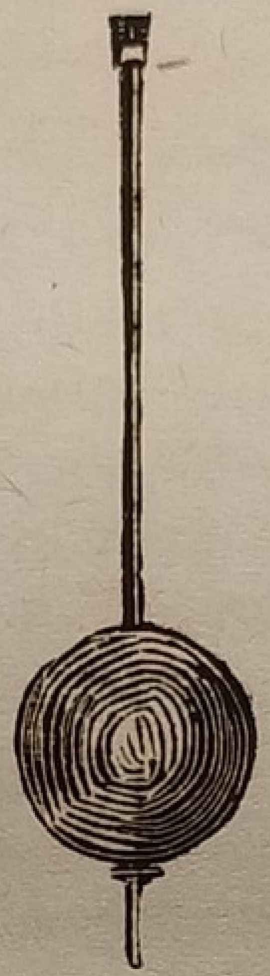


Fig. 1.

Fig. 3.

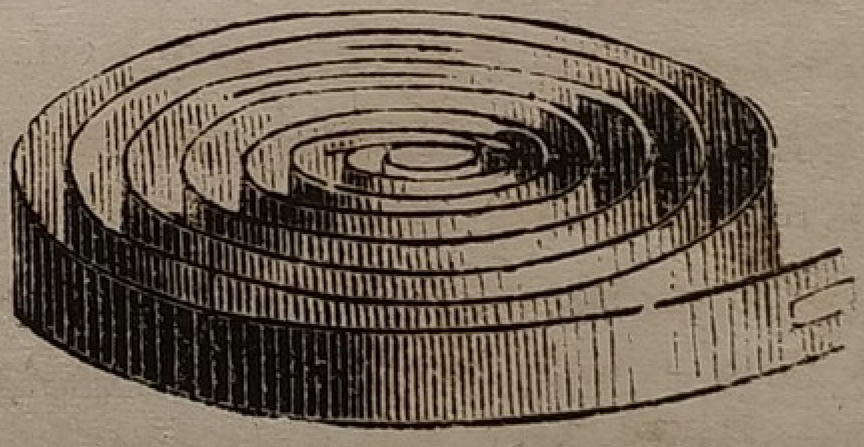


Fig. 4.

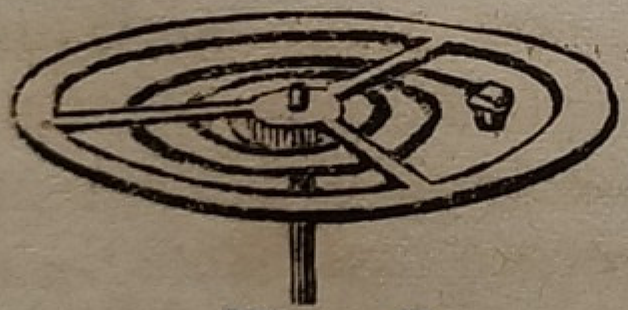


Fig. 6.

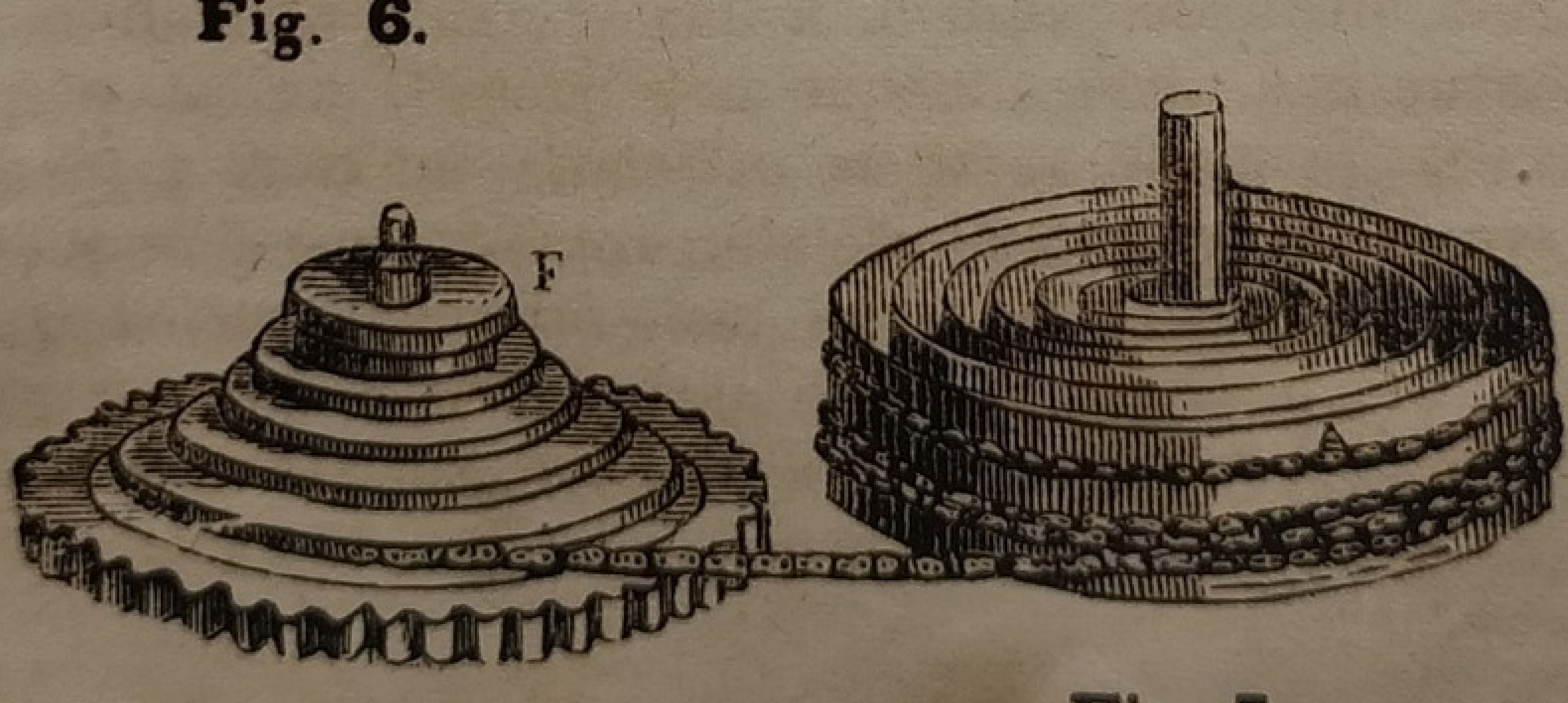


Fig. 5.

donandolo a sè stesso, comincierà ad oscillare da destra ed a sinistra. I singoli movimenti del pendolo che si chiamano *oscillazioni* saranno eguali, ossiano *isocrone*, come soglionsi chiamare scientificamente parlando. (*Vedi Fig.* 1).

La scoperta dell'*isocronismo* delle oscillazioni del pendolo è dovuta all'immortale Galileo Galilei, il quale nell'anno 1582, mentre trovavasi nella cattedrale di Pisa, si pose ad osservare le oscillazioni di una lampada sospesa alla maggior vôlta del tempio.

Quaranta anni dopo aver fatto questa osservazione, venne l'idea a Galileo, di costruire un orologio, applicandovi il *pendolo*, onde ottenere possibilmente l'*isocronismo* nella misura del tempo. Ma Galileo non eseguì il suo progetto ideato, e si accontentò d'indicare teoricamente la possibilità di trar partito dal pendolo, per rendere *isocrono* il movimento dell'orologio. Questa importantissima applicazione fu posta in pratica e realizzata, da un celebre scienziato e anche meccanico olandese, per nome *Cristiano Huyghens de Zuylichem*, che avea fissato il suo domicilio in Francia, in grazia degl'incoraggiamenti avuti dal famoso ministro *Colbert*.

Cristiano Huyghens, uno degli eminenti ingegni del secolo XVII, non si limitò a porre in atto pratico l'idea di Galileo relativamente all'applicazione del pendolo agli orologi, ma fece un'altra scoperta di eguale importanza, quella cioè di una *molla a spira*, la quale nello sforzarsi a distendersi, imprime la forza motrice all'orologio, in sostituzione del peso fino allora usato, qual unico motore di tutto il meccanismo.

Nell'anno 1657 Cristiano Huyghens inviò agli Stati-uniti dell'Olanda, la descrizione di un orologio destinato a misurare con un'esattezza ammirabile le minime frazioni del tempo. Questo istromento avea in sè le due grand'invenzioni capitali che servono di base alla orologieria moderna, vale a dire, il *pendolo* che serve a rendere isocrone le battute dell'orologio, e la *molla a spira*, quale motore assoluto. E diffatti la molla a spira, il regolatore, lo scappamento ed il pendolo, riassumono e costituiscono essi soli i mezzi meccanici, che sono il fondamento dell'arte dell'orologiaio.

Huyghens avea già conosciuto da principio la grande importanza delle sue scoperte. Ecco quanto egli scriveva nell'anno

1673 a Luigi XIV, inviandogli in dono, e dedicandogli il suo *orologio oscillatorio* (Horologium oscillatorium).

« Io non perderò il mio tempo, o sommo re, a dimostrarvi » la grande utilità de' miei *automi*, perchè una volta che sieno » collocati ne' vostri appartamenti, vi colpiscono ogni giorno » per la regolarità delle loro indicazioni, e pelle conseguenze » che vi promettono, relativamente ai progressi dell' astronomia e della navigazione. »

Scoperta degli orologi da tasca. — La scoperta della *molla a spira*, che produce colla sua forza di elasticità l'effetto del peso motore de' primi orologi, permise di costruire in seguito degli orologi portatili, da appoggiarsi su' tavoli, e più tardi costruirne eziandio in picciole dimensioni, da potersi tenere in tasca, i quali si chiamarono *mostre*. Non si conosce però l'epoca, nè l'inventore delle così dette prime *mostre*. Quantunque assai comodi, i primi orologi tascabili che furono costruiti, non potevano ancora essere esatti, perchè ancora non era loro stata applicata la cosi detta *piramide*, ch'è un picciolo cono scannellato intorno cui si ravvolge la catenella della mostra, la quale regola e rende uniforme la forza motrice. L'inventore della *piramide* non è conosciuto, e questa è una delle più belle invenzioni dell' ingegno umano.

Le mostre *a ripetizione* furono inventate in Inghilterra nell'anno 1676. Gli orologiai Barbouro, Quane e Tompion, se ne disputarono la scoperta: Luigi XIV ricevette da Carlo II le prime mostre *a ripetizione* che si videro in Francia.

Il secolo XVIII fecondo di nuove invenzioni, vide brillare i nomi di Sully, di Pietro e Giuliano Le Roi, di Ferdinando Berthoud, di Lepaute, di Harisson, e di Bréguet. In tal' epoca si costruirono gli orologi *marini*, istromenti ammirabili per la loro precisione ed esattezza.

Descrizione degli orologi, de' pendoli e delle mostre. — L'arte della orologeria moderna, che risulta dalle successive invenzioni delle quali ora daremo in breve la storia, si occupa nella costruzione di *orologi*, di *pendoli*, di *mostre* e de' così detti *cronometri*, i quali sono destinati a misurare le minime frazioni del tempo con una esattezza la più rigorosa, e che hanno un meccanismo assai più complicato di quello degli orologi da tasca. Noi ci limiteremo ad esaminare gli orologi, i

pendoli da tavolo, e le mostre. Non è già nostro scopo di descrivere minutamente questi meccanismi, nè di spiegare il giuoco reciproco delle loro ruote; ma ci basterà indicare l'azione de' pezzi principali che producono il movimento delle freccie sul quadrante.

Orologi fissi. — Negli orologi fissi, quali sono i grandi orologi delle torri e de' pubblici edifizii, non che quelli che si attaccano alle interne pareti domestiche, e si ripongono anche in lunghe casse verticali, l'agente motore è un peso *P* (*Vedi Fig.* 2) sospeso all'estremità di una fune, la quale si attortiglia sopra un cilindro orizzontale *A*. Questo cilindro che si gira intorno al proprio asse, riceve un movimento rotatorio dal peso che tende sempre a discendere per legge di gravità. Questo movimento di rotazione, è trasmesso alle due freccie del quadrante a mezzo della ruota dentata *B*, attaccata ad una dell'estremità del cilindro *A*, e che fa girare a mezzo dell'ingranaggio del suo rocchetto un'altra ruota dentata *CC*, ed il *volante V*. Le ruote dell'orologio poste così in movimento dal peso, girerebbero bensì di continuo, ma non in modo uniforme, vale a dire, che le freccie le quali si muovono e progrediscono dietro l'impulso loro dato dal peso, non percorrerebbero spazii eguali in tempi eguali, a cagione dell'ineguaglianza dell'attrito delle diverse ruote. Conveniva adunque rimediare a questo difetto di uniformità della forza motrice. A ciò venne riparato coll'applicazione agli orologi di un meccanismo che oscilla regolarmente, e che ad ogni oscillazione trattiene il movimento delle ruote, ad intervalli eguali. Con tale artifizio ottiensi un movimento *intermittente* sempre uniforme, e quest'ordigno oscillante venne chiamato *regolatore*.

Regolatore degli orologi. — Pegli orologi fissi, il regolatore è il *pendolo*, che i meccanici appellano *bilanciere*. Assegnando al pendolo una lunghezza calcolata, il pendolo produce un'oscillazione ad ogni minuto *secondo*, e può servire ad indicare sul quadrante questa frazione di tempo.

L'ordigno a mezzo del quale il pendolo o bilanciere trattiene ad ogni *secondo* il continuo movimento prodotto dal peso motore, chiamasi *scappamento*. Lo scappamento che più si usa dicesi *ad áncora* e ne diamo una succinta descrizione.

Un pezzo *q n* in forma di áncora da bastimento, che tro-

vasi aderente all'estremità superiore del pendolo, riceve da questo un movimento di oscillazione, intorno ad un asse orizzontale di sospensione *A* (*Vedi Fig.* 3). Fra le due estremità dell'àncora *q n*, trovasi una ruota *p m*, che fa girare il motore dell'orologio.

I denti di questa ruota si appoggiano alternativamente sopra la faccia inferiore di una dell'estremità dell'áncora e sulla faccia superiore dell'altra, ed ambidue l'estremità sono poi tagliate in modo, che arrestano per un istante la ruota, per cui il movimento riesce intermittente, ma *isocrono*, cioè eguale, perchè è prodotto dalle oscillazioni *isocrone* del pendolo.

Da ciò adunque si venne a conoscere che gl'indici o lancette di un quadrante non vanno di continuo, ma bensì a picciole scosse o riprese, e siccome le lancette si spostano a ciascuna scossa che percorre uno spazio quasi impercettibile, così sembrano muoversi di continuo, e senz'alcuna interruzione; ma se osservansi le freccie di un orologio attentamente e da vicino assai, si vedrà che il loro movimento non è continuato, ma procede bensì per piccioli impulsi regolari intermittenti.

Orologi portatili da tavolo. — Nei soli orologi fissi la forza motrice è un peso, ma in quelli portatili, è una molla formata da una lunga striscia di acciaio sottilissima, attortigliata a spira intorno sè stessa come lo dimostra la (*Fig.* 1).

Suppongasi che si attacchi l'estremità interna della molla, quella cioè che trovasi al centro della spira, ad un perno od asse che possa girare intorno a sè stesso, e che l'estremità esteriore *A* sia attaccata ad un punto fisso. Cosa avverrà se si farà girare questo perno intorno a se stesso a mezzo di una chiave? Egli obbligherà l'estremità interna della molla attaccata ad esso di seguire il proprio movimento, per cui le spire andranno sempre più restringendosi. La molla si troverà in tal modo *tesa* ed in uno stato forzoso.

Lasciando l'asse abbandonato a sè medesimo, che farà in allora la molla? Dessa si sforzerà a riprendere la primitiva sua posizione, allentandosi a poco a poco, e le spire egualmente si andranno allargando; ma in pari tempo, per l'effetto di questo movimento dovuto alla propria elasticità, imprimerà al perno cui è attaccata un movimento di rotazione. Tale è

il meccanismo della molla a spira che fa marciare gli orologi da tavolo, o portatili.

Ma l'azione della molla è dessa costante ed eguale come quella de' pesi negli orologi fissi? No, certamente. La forza di una molla va diminuendo a mano a mano che si distende finchè arriva al suo stato primitivo di rilasciamento. Il motore spirale non ha adunque quell'azione costante, necessaria all'armonia di tutto il meccanismo. Vediamo ora, come si giunse a dargli tal qualità indispensabile.

La piramide ed il bariletto. — Chiudesi la molla entro una scattola rotonda *A* in forma di tamburo, che dicesi *bariletto* (*Vedi Fig.* 5). Esternamente all'intorno di esso si attacca e si ravvolge una catenella di acciaio, e l'altra estremità di questa si attacca ad un altro picciolo ordigno che gli sta da canto, di forma conica con una scannellatura tutta all'intorno formato a spira ed atto a ricevere i varii giri della medesima catenella, e questo chiamasi *piramide F*. Quando la molla è completamente tesa, la catenella trovasi attortigliata sulle spire della piramide, ma a mano a mano che la molla si distende, fa girare il *bariletto* entro il quale si trova attaccata, e nello stesso tempo fa girare anche la *piramide* a mezzo della catenella stessa. Questa adunque si svolge a poco a poco dalla piramide, e si ravvolge sul *bariletto*. Sappiamo che la forza di tensione della molla sopra la catenella va diminuendo dal momento in cui comincia a distendersi, fino a quello in cui ha ripreso la sua posizione primitiva; ma come adesso vedremo, questa forza che diminuisce da una parte, si accresce dall'altra, in maniera che la differenza viene compensata, e l'azione della molla rimane eguale e costante. Ecco in qual modo la forza della molla aumenta in grazia del giuoco della *piramide*, quantunque in fatto la sua forza diminuisca.

A misura che la molla si distende, e perde a poco a poco la forza, la sua azione si porta da' raggi più piccioli ai più grandi della *piramide*, e la sua forza quindi viene aumentata in modo da ristabilire l'equilibrio. Se è vero che la molla al momento in cui comincia a distendersi, è dotata di una forza tale che potrebbe far girare tutto il sistema rotatorio dell'orologio con una somma rapidità, è vero altresì che in tal momento l'azione della sua forza è diretta verso il vertice della

piramide, dove i raggi del cono sono più brevi, e dove la forza è minore. La compensazione adunque delle due forze in questo apparecchio meccanico proviene dall'azione della molla, la quale agisce successivamente sulla *piramide*, all'estremità di un braccio più grande di leva, a misura che la molla stessa è meno tesa.

Ottenuto così un moto regolare, questo viene trasmesso a tutto il meccanismo, per l'intermediario della ruota ch'è unita alla piramide e che gira con essa.

Mostre, od orologi tascabili. — Il motore di questi è quel medesimo degli orologi da tavolo, o portatili, vale a dire una molla di acciaio, simile a quella rappresentata dalla *Fig.* 4. La forza della molla viene regolata egualmente dalla *piramide* e dal *bariletto*. Ma le *mostre* non potevano ricevere, a cagione della loro mobilità, lo stesso *bilanciere* che negli orologi fissi e portatili serve a regolare la forza motrice. Occorreva quindi trovare un meccanismo diverso da quello degli altri orologi, che rendesse perfettamente isocrona l'impulsione del motore, ed adatto in pari tempo alla capacità, ed alla mobilità della *mostra*. Huyghens fu quello che trovò anche il regolatore delle *mostre* cui diede il nome di *bilanciere a spira*.

Questo apparecchio rappresentato dalla *Fig.* 6, si compone di una ruota, o picciolo *volante* detto *bilanciere*, il quale si muove sopra un pernetto verticale da cui è sostenuto, e di una sottilissima molla a spira somigliante a quella di maggior grandezza che trovasi chiusa nel *bariletto*. L'estremità interna di questa picciola molla è fissata all'asse del *volante*, e l'altra sulla piastra che copre il meccanismo della *mostra*. Quando si fa girare il *bilanciere* mentre l'orologio non è caricato, facendo tendere la picciola molla spirale, questa viene sforzata a prendere una posizione diversa dalla ordinaria, ma a cagione dell'elasticità di cui è dotata, tende tosto a rimettersi come prima, traendo seco il *bilanciere*. Dopo aver ricevuto questo impulso, il bilanciere non si ferma in tal posizione, è animato da una forza ignota, continua a muoversi intorno al proprio asse, obbligando la picciola molla a trasformarsi di nuovo, ma questa, attesa la sua forza elastica, resiste sempre più all'impulso del bilanciere, e finisce coll'arrestarlo. Ma se l'orologio è montato, il bilanciere viene mantenuto in continuo movi-

mento dallo stesso meccanismo della *mostra*, per cui il contrasto fra il bilanciere e la picciola molla spirale si rende perpetuo.

In tal modo il *bilanciere* oscilla orizzontalmente da una parte all'altra, come il pendolo oscilla verticalmente, per cui presta il medesimo uffizio come il pendolo negli orologi fissi, quello cioè di regolare il tempo della *mostra* e rendere *isocrone* le battute. Nel pendolo degli orologi fissi, è la forza del pendolo stesso che produce l'isocronismo, nella molla spirale delle *mostre*, è l'elasticità della molla che produce il medesimo isocronismo.

Uno scappamento speciale tanto negli orologi fissi e portatili, quanto nelle mostre, mette il regolatore in comunicazione con un sistema di tre ruote dentate, che sono disposte in modo, perchè le freccie dell'orologio le quali ricevono da queste il loro movimento, abbiano ad indicare sul quadrante esattamente e regolarmente le ore ed i minuti.

La maggior perfezione agli orologi da tasca venne dall'invenzione del così detto *cilindro*, il quale è una parte costituente il meccanismo del movimento dell'orologio. Questa invenzione è del secolo XVIII, e d'allora in poi fu abbandonato l'antico sistema, e gli orologi tascabili si costrussero tutti coll'applicazione del cilindro.

Soneria. — Negli orologi fissi, la batteria delle ore è posta in movimento da' pesi, ed in quelli da tavolo da una molla, come la batteria del tempo. Tanto il peso quanto la molla, i quali sono le rispettive forze motrici, fanno agire un martello, che batte o sopra una campana, o sopra un qualsiasi altro corpo sonoro, secondo la qualità dell'orologio, del luogo ove trovasi, e dell'uso cui deve prestarsi.

CAPITOLO IV.

LA PORCELLANA E LE STOVIGLIE.

Composizione delle stoviglie in generale. — Queste si formano con una certa qualità di terra, che dicesi *creta* o *argilla,* la quale è un miscuglio naturale di *silice* e di *albumina.* Le argille trovansi in istrati orizzontali a poca profondità dal suolo, ed influiscono molto alla distribuzione delle acque sotterranee. Le acque sotterranee si arrestano al loro incontro, per cui si concentrano in alcuni punti, e formano quelle sorgenti d'acqua, che si trovano a varie profondità nel seno della terra e che vengono aperte dalla trivella nelle perforazioni de' pozzi *artesiani* per farne salire i zampilli.

L'argilla è una qualità di terra grassa e untuosa, la quale umettata coll'acqua offre una pasta molle e duttile in modo, che si può dare ad essa qualsiasi forma, ed è suscettibile di essere lisciata e polita quanto si vuole. L'altra proprietà della creta si è, che sottoposta all'azione di un fuoco violento, perde tutte le proprietà accennate ed acquista invece una tale durezza che potrebbe servire, quando fosse cotta oltre misura, da pietra focaia.

L'uso dell'argilla per la fabbricazione delle stoviglie, basa sopra questa modificazione essenziale, che subisce a mezzo del fuoco. Tutte le stoviglie, qualunque sia la loro qualità, e il loro valore, vale a dire, dalla più fina porcellana, agli infimi vasi o pentole adoperati nelle cucine, sono confezionate con una medesima argilla, ammollita dapprima coll'acqua, e bene ma-

cinata, indi calcinata ad un'alta temperatura. Questa calcinatura, o, per dir meglio, *cottura*, rende le stoviglie eminentemente dure e compatte, per cui si rendono affatto impenetrabili a qualsiasi liquido e resistenti quasi tutte all'azione corrosiva di alcuni preparati chimici. I varii gradi di finezza delle stoviglie, che costituiscono la loro qualità, dipendono dalla preparazione della creta, più o meno depurata e macinata. Prima però di parlare delle stoviglie comuni e della porcellana, faremo un cenno de' *mattoni* da costruzione, essendochè questi furono i primi oggetti lavorati di *terra cotta.*

Mattoni. — Questi si formano colla creta ordinaria come si trova negli strati argillosi. Non si assoggetta l'argilla alla macina, ma però s'impasta a mano coll'acqua per renderla più molle, e così preparata si ripone nelle forme di legno, le quali sono di varie grandezze secondo la occorrenza e le commissioni che vengono date ai fabbricatori. Levati i mattoni dalla forma, si espongono per qualche ora all'aria aperta, e poscia si passano alla fornace per cuocerli. Qualche volta si fanno disseccare i mattoni al sole, ma questi riescono poco solidi e compatti. Il colore rosso che acquistano più o meno i mattoni dopo cotti, viene prodotto dall'*ossido di ferro* che si contiene in minore o maggiore quantità dalla materia prima di cui sono composti.

Le forme di legno rettangolari quadrilunghe che servono alla fattura de' mattoni si spolverizzano con sabbia dolce, perchè questi si stacchino facilmente dalle pareti interne della forma. Collocando i mattoni nella fornace, sono posti in taglio, e deesi avvertire di lasciare fra uno e l'altro un picciolo intervallo onde possano serpeggiare fra loro le fiamme, e cuocerli perfettamente da ogni lato.

Stoviglie comuni. — Le stoviglie comuni si fanno con argilla impura, che si lascia marcire per qualche tempo entro fosse profonde apposite, onde renderla più molle, e più propria all'impasto. I vasi da fiori, e le forme de' pani di zucchero e simili sono fatti col tornio.

Tornio del pentolaio. — Il tornio del figulino è uno de' più antichi stromenti che si conosca dell'umana industria manifatturiera. Desso consiste in un gran disco di legno collocato orizzontalmente a poca distanza dal pavimento dell'offi-

cina, ed appoggiato sopra un perno infisso nel centro del medesimo in modo che possa girare intorno al proprio asse. Da questo centro s'innalza un'asse in direzione verticale sulla cui estremità superiore è infisso un altro disco di legno di minori dimensioni, sul quale si pone la pasta per formare la stoviglia. L'operaio seduto pone sopra il disco superiore una determinata quantità di pasta molle preparata, e facendo girare col piede il disco inferiore, ne viene che tutto l'apparecchio riceve un moto rotatorio orizzontale, e contemporaneamente l'operaio stesso tenendo la massa fra le mani le dà la forma che vuole, servendosi dell'uno o l'altro dito secondo il bisogno. È cosa molto attraente pel visitatore, che la prima volta si porta all'officina di un figulino, peritissimo nel suo mestiere, il vedere con quale rapidità egli dia alla massa che tiene fra le mani le forme più svariate. L'occhio non può seguire il progressivo sviluppo dell'oggetto che si lavora, e la illusione è tale che ci sembra uscire il vaso bello e fatto fra le mani dell'operaio, come se fosse un giuocatore di bussolotti.

Vasi etruschi. — Le stoviglie della Campania, impropriamente dette *vasi etruschi*, e le antiche stoviglie greche, appartengono alla classe delle stoviglie tenere ed inverniciate all'esterno, che al giorno d'oggi non si fabbricano più. I vasi etruschi sono i modelli più notevoli e interessanti per quest'arte, sono di una forma semplice ed insieme elegante, che gli odierni fabbricatori cercano imitare. La pasta di questi vasi è ridotta alla maggior finezza, ed è coperta al di fuori di una vernice vitrea particolare, sottilissima, resistente, di colore rosso o nero, fatta colla silice fusa da un alcali. Questi vasi antichi si cuocevano ad una temperatura bassissima,

Stoviglie di Faenza, o maiolica. Storia. — La maiolica smaltata o inverniciata fu conosciuta da' Persiani e dagli Arabi, prima degli Europei. Si pretende generalmente che i pentolai arabi abbiano introdotto dalle isole Baleari in Italia i vasi di terra cotta spalmati con uno smalto opaco.

« La introduzione in Italia di tali vasi, dice Alessandro Bron-
» gniart, avrebbe avuto luogo verso l'anno 1415, cioè all'epoca
» in cui Luca della Robia, celebre scultore di Firenze fece
» delle figurine, e de' bassi-rilievi di terra cotta, o come di-
» cesi in *plastica*, coperte di smalto. » Questa stoviglia si

chiamava *maiolica* in tutta l'Italia, nome dicesi derivato dalla *Maiorica*. Si attivarono tosto fabbriche di maiolica a Castel-Durante e a Firenze, sotto la direzione de' fratelli *Fontana d'Urbino*. In seguito s'introdusse questa manifattura nelle principali città d'Italia, e fra le altre a *Faenza* dove per la qualità distinta delle stoviglie uscite dalle fabbriche di questa città, si nominarono poi da' francesi col nome del luogo dov'erano state confezionate, e secondo poi l'opinione di *Mezèrai*, il loro nome deriverebbe invece da un piccolo borgo della Provenza chiamato *Faïence*, il quale erasi a que' tempi reso celebre pel vasellame di terra cotta che produceva. Francesco II fece fondare una fabbrica di *maiolica* ne' contorni di Parigi; la fabbrica di Nevers fu creata da Enrico IV nell'anno 1603.

Ma torniamo all'argomento. In Italia costruivansi de' grandi vasi di lusso per le case principesche: questi erano scolpiti, con figure, fiori e foglie in basso rilievo, e con magnifiche miniature. Tuttavia nell'anno dopo la metà del secolo XVI (1560) la maiolica cominciò a decadere; ciò che prima era un'arte, divenne un mestiere, i *pentolai* sostituirono gli *artisti*. Il secreto della fattura della *maiolica* si perdette anche in Francia, dopo che nell'anno 1530, un nipote di *Luca della Robia*, venne a decorare con *piastrelle smaltate* le pareti del castello del bosco di *Boulogne*.

Bernardo de Palissy. — Quest'uomo celebre, nato nell'Agenois verso l'anno 1500, trovò l'arte di preparare alcuni smalti colorati, e di applicarli alla maiolica. Negli anni suoi giovanili si dedicò al disegno, alla pittura e all'agrimensura; ma il suo merito più grande fu quello come dice egli stesso, di aver perfezionati i lavori di terra cotta. Dopo *sedici anni* di continui sforzi ed esperimenti riuscì a fabbricare quelle ammirabili stoviglie smaltate, che sono ancora ricercatissime a cagione della lucidezza del loro smalto, e della perfezione degli oggetti che le decorano e che sono dipinti all'esterno; come sarebbe a dire, e pesci, e rettili, ed uccelli, e conchiglie di una verità sorprendente.

Bernardo Palissy ci lasciò la storia delle sue scoperte in un'opera intitolata: *Trattato intorno alla natura delle acque delle fontane, de' metalli, de' terreni, e degli smalti*. Il racconto, delle sue ricerche è del più vivo interesse. Leggendo tal libro

si assiste al contrasto di un uomo dominato da una grande idea, armato di grande perseveranza, che lotta contro l'invidia, lo scoraggiamento, il dolore, la miseria!

Qualche volta egli si lascia abbattere da' colpi dell'infortunio, ma tosto si rianima, si rialza, e dice a sè stesso: « E perchè mai « ti rattristi, se tu hai trovato quanto cercavi? Lavora, e co- « prirai di vergogna i tuoi detrattori. » In altro luogo del suo libro racconta le sue vicende, con uno stile così spontaneo e schietto che il lettore si sente stringere il cuore, e d'altra parte non può a quando a quando non sorridere. Eccone un saggio.

« I primi tentativi falliti, dic'egli, mi hanno cagionato una « tale tristezza, che prima di aver ottenuta la fusione de' va- « rii smalti ad un medesimo grado di calore, ho creduto di « essere all'orlo del sepolcro. Durante le mie inesattezze mi « trovai per lo spazio di circa dieci anni talmente dimagrito « della persona che le mie braccia e le mie gambe non pre- « sentavano più alcun rilievo, e mancanti affatto di polpa non « potevano sostenere le calzette co' legacci, per cui camminando « scorrevano giù fino ai talloni; io era quindi per la mia « *toilette*, beffeggiato e deriso da' monelli.... Ma per la spe- « ranza che avea di riuscire una volta o l'altra nel mio in- « tento, quando veniva qualche amico a visitarmi nella mia of- « ficina, io mi sforzava a ridere, quantunque nel mio interno « era ben triste.... Mi sono trovato più volte in circostanze « tali, che non poteva travagliare per mancanza di mezzi, e « passai le intere notti, sotto la pioggia, avendo per compa- « gni de' gatti che miagolavano da una parte, e de' cani che « urlavano dall'altra.... Più volte mi sono trovato tutto bagnato « in modo dalla pioggia che sembrava ch'io fossi stato trasci- « nato per tutt'i pantani della città, e camminando andava « barcollone come fossi un ubbriaco, ma invece era affranto « dalla tristezza! »

Bernardo Palissy avea abbracciato la religione *riformata* che non volle abiurare, per cui venne posto in carcere dalla inquisizione del *Santo Uffizio* dove morì nell'anno 1589.

Confezione delle stoviglie di maiolica. — La maiolica viene confezionata coll'argilla come le altre stoviglie e poi si cuoce nelle fornaci. La pasta della maiolica conserva la sua

bianchezza anche dopo cotta, se è pura, ma in caso contrario, si colora in *bruno* o in *rosso*. La maiolica inglese, resta sempre bianca anche dopo cotta, e ciò in conseguenza della sua estrema purezza, ma la maiolica francese comune, che dicesi volgarmente *terra da pipe*, diviene *rossiccia*.

Tutte le qualità di maiolica, tanto fine che ordinarie, si spalmano con una vernice che rende lucidissima la loro superficie. Se la pasta dopo cotta non presenta alcun colore, come appunto la maiolica inglese, la quale fra l'anno 1760 ed il 1770 venne assai perfezionata dal famoso fabbricatore inglese per nome Wedgvood, si copre con una vernice trasparente, che ottiensi da un miscuglio di sabbia finissima, ed ossido di piombo. Tale trasparenza lascia vedere a traverso della vernice medesima la bianchezza della pasta con cui è formata la stoviglia. Se per contro la pasta è di un colore bruno o rossiccio, in allora conviene coprirla con una vernice *opaca* per nascondere il colore disaggradevole della stoviglia. Questa vernice opaca è una combinazione chimica di silice coll'ossido di stagno o di piombo.

Ecco in quale maniera si opera per applicare sopra la maiolica la vernice. Si polverizza più che sia possibile la materia destinata a servire di vernice, sciogliesi questa polvere nell'acqua, la quale si agita in modo da tenerla in sospeso, e s'immerge nel liquido il pezzo di stoviglia di già cotto, e per conseguenza atto a ricevere la vernice. Con questa rapida immersione, la stoviglia assorbe una certa quantità di acqua, la quale penetra in un istante nelle porosità della maiolica, e lascia sulla superficie del pezzo un leggerissimo strato polveroso. Riponendo poscia la stoviglia nel forno, l'acqua svapora, e la vernice siccome composta di materie non eminentemente fondibili, si liquefa dal calore e forma sulla superficie della stoviglia un sottilissimo strato di vernice opaca o trasparente, secondo la natura delle materie di cui è composta.

Porcellana. Storia. — La porcellana è la più preziosa delle stoviglie, perchè essa si fabbrica con un'argilla particolare che dicesi *Caolino*, la quale è di una purezza impareggiabile (*).

(*) La voce *Caolino* ha origine dalla corrispondente in lingua chinese *Kaolin*, la quale venne italianizzata, ed usasi per indi-

L'arte di fabbricare la porcellana fu conosciuta e posta in pratica da tempo immemorabile, nella China e nel Giappone, dove esistono ricchissime cave di *Caolino*. Ma soltanto al principio del secolo XVIII, alcuni viaggiatori che ritornavano dall'Oriente portarono in Europa questo prezioso prodotto *ceramico*. Si occuparono tosto con ardore e con tutto l'impegno gli scienziati e gli artisti de' diversi stati di Europa, per imitare e riprodurre questa qualità di stoviglia che faceva meravigliare chiunque, con la sua purezza, il suo lucido, la sua bianchezza e specialmente la sua *trasparenza*. I Principi disposero di somme considerevoli per favorire questa manifattura, la quale avrebbe arricchito di certo il loro Stato.

Fu nell'anno 1707, che l'alchimista *Bötticher* di Sassonia trovò l'arte d'imitare la porcellana della China, dopo varie ricerche fatte per conto dell'elettore. Una cava di *Caolino*, trovata presso *Auè*, avea permesso di realizzare questa notevole scoperta. Nell'anno 1707 l'elettore di Sassonia fondò a Dresda la prima fabbrica di porcellana che fosse in Europa.

In Francia, dove si fecero molti tentativi per imitare la porcellana della China e del Giappone, si ebbero buoni risultati. Nel 1727 si cominciò a fabbricare una stoviglia bianca, trasparente e lucidissima, che imitava assai la porcellana della China, ma la confezione di questa pasta costosissima e difficilissima cessò, per la felice scoperta che si fece da *Sant' Irieix* presso *Limoges*, di una grande cava di *Caolino*. La fabbrica reale di *Sèvres* venne fondata nel 1756, e nell'anno dopo l'imperatrice Maria-Teresa, riceveva in dono da Luigi XV un intiero servizio da tavola di questa nuova porcellana. In seguito poi vennero aperte in Francia e altrove, molte fabbriche di questa nuova manifattura. (*)

care quella tal qualità di argilla con cui si confeziona la porcellana.

(*) Anche nel Veneto furono attivate fabbriche di porcellana. Nel 1730 il patrizio Giovanni Vezzi del fu Francesco, istituì il primo in Venezia una fabbrica di porcellana ad uso di Sassonia. Nell'anno 1758 i conjugi Natale Federico, e Maria Dorotea Hewelek, apersero in Udine un'altra fabbrica di porcellana, anche questa ad uso di Sassonia, e nel 1765 Geminiano Cozzi attivò in Venezia una fabbrica di porcellana ad uso del Giappone.

Preparazione della porcellana, e formazione de'pezzi. — L'argilla impiegata per la confezione della porcellana nella fabbrica di *Sèvres*, è il così detto *Caolino* trovato nella suindicata cava presso *Limoges*, la quale è una materia bianchissima, e liscia al tatto; poi si mescola con poca sabbia dolce finissima, e con creta comune. La prima operazione è quella di riscaldare queste materie al fuoco finchè divengano rosse, indi si gettano così roventi nell'acqua fredda, e poscia si lasciano asciugare, onde triturarle sotto la macina, e finalmente si lavano di nuovo per separarne i grani più grossi. Dopo questo secondo lavoro si mescolano di nuovo e si umettano in parte coll'acqua pura, per cui si ottiene una pasta abbastanza molle, che viene compressa da un uomo a piedi nudi. Tutte queste operazioni devono esser fatte con grandissima diligenza. Si colloca quindi questa pasta in alcune cave umide, dove si lascia per lungo tempo acciocchè vi marcisca, e ciò perchè si distrugga a mezzo della putrefazione qualsiasi materia organica eterogenea che potesse contenere. Prima d'intraprendere la confezione de'pezzi di stoviglia si manipola bene questa pasta comprimendola in ogni verso colle mani, e formando delle pallottole, le quali si slanciano a forza replicatamente contro la tavola del lavoro, per far uscire da queste le bolle del gas che potessero contenere dopo la fermentazione.

La prima forma in abbozzo si fa sopra un tornio costruito come quello che abbiamo descritto poc'anzi. Ma il pezzo così preparato grossolanamente, non potrebbe essere passato alla cottura, essendochè sarebbe ancora imperfetto, dovendosi assoggettare dapprima al *tornio*.

Fatto asciugare un poco, viene messo di nuovo sul tornio dall'operaio, che tiene in mano uno stromento tagliente per ridurre il pezzo alla voluta grossezza, e per rendere precisi i contorni.

Uso delle forme. — Tutt'i pezzi di porcellana, o alcune parti di essi non possono compiersi dall'operaio sul tornio, per cui molti se ne fanno a mezzo dello *stampo*, o della *colatura*.

La pasta ceramica si pone in uno *stampo* incavato di terra cotta, del quale deve conservare la forma. Per i pezzi cilin-

drici, come sarebbe a dire le colonnette ed i manichi, adopransi degli stampi divisi in due parti, i quali sovrapponendosi uno all'altro abbiano a combacciarsi perfettamente. Si pone metà del pezzo da farsi in ciascuna delle parti dello stampo, e fino a che la pasta è ancora molle, si avvicinano le due parti della forma, onde abbiano ad attaccarsi le due sezioni del pezzo, e formarne uno solo.

Colatura. — I tubetti di porcellana, i becchi delle *tettiere*, e molti altri piccoli pezzi concavi e vuoti si ottengono a mezzo della *colatura*. Se si versa in uno stampo poroso di terra cotta della pasta calda di porcellana in istato quasi liquido, lo stampo assorbe quasi tutta l'acqua e rimane uno strato sottile di pasta aderente a ciascun incavo interno della forma. Si lascia sgocciolare la parte acquosa non assorbita dallo stampo, indi si versa una seconda quantità di pasta liquida, e allora si applica un secondo strato, e si ripete tale operazione finchè si abbia ottenuto la grossezza sufficiente, secondo il pezzo che vuolsi fare.

Tutti i pezzi di porcellana confezionati con questi diversi metodi si fanno asciugare lentamente all'aria aperta, indi si pongono nella parte superiore di un forno perchè abbiano a ricevere la prima cottura, la quale dà loro bensì una certa consistenza, ma restano ancora troppo porosi, per cui non si potrebbero al certo usare in questo stato, rendendosi necessario di assoggettarli ad altre operazioni.

Inverniciatura de' pezzi. — L'inverniciatura che si applica al pezzo di porcellana dopo questa prima cottura, ha il doppio scopo d'impedire l'assorbimento de' liquidi e renderne lucida la superficie.

La sostanza che si adopera per inverniciare la porcellana è il *feldspath*, il quale ha una grande analogia nella sua composizione col *Caolino* ch'è la materia con cui si confeziona la porcellana, e si liquefa ad una temperatura assai moderata, per cui il vaso non ha nulla a soffrire.

Questo minerale si riduce in polvere finissima a mezzo della macina e si getta in un recipiente pieno di acqua, mescolandolo sempre perchè non abbia a precipitare al basso, e resti sospeso nell'acqua. Un operaio immerge con destrezza il pezzo da inverniciarsi nel liquido, l'acqua è assorbita dalla porosità

della pasta, e la materia vitrea depone sulla superficie del pezzo. Se si volesse inverniciare de' pezzi di porcellana di già cotti a sufficienza e quindi non più porosi, la vernice dovrebbe applicarsi con un pennello.

Cottura. — La cottura della porcellana si fa nella gran fabbrica reale di *Sévres*, ne' forni a tre piani. Il piano superiore serve, come abbiam detto, per dare alla porcellana la prima cottura, gli altri due la compiono. Ciascuno di questi piani è riscaldato da quattro fornelli addossati lateralmente al forno, e in comunicazione con esso a mezzo delle rispettive loro canne, per le quali la fiamma penetra ne' tre piani.

Per cuocere ciascun pezzo di porcellana, chiudesi in un vaso di argilla della stessa forma del pezzo e meno fondibile del *Caolino*, acciocchè possa resistere alla violenza del fuoco. Quando il forno è riempiuto, si chiudono le imboccature con pietre cotte *refrattarie*, e si dà alla fiamma libero ingresso per le quattro aperture laterali come si è detto.

Miniatura e doratura della porcellana. — Quando si vogliono decorare alcuni pezzi di porcellana con disegni a colori, o con dorature, si applica sul pezzo di già cotto ed inverniciato l'oro in polvere, e si eseguisce egualmente la miniatura *a secco*, vale a dire, con colori polverizzati. Queste sostanze minerali sono preparate e mescolate ad una sostanza facile a fondersi, che d'ordinario è il *borace*. Vengono riposti nel forno i pezzi di porcellana così decorati, e per l'azione del fuoco, il borace commisto ai colori si fonde, s'immedesima colla vernice, e determina l'adesione di quelli sulla porcellana. Questi colori quando sono applicati con molta diligenza, non si alterano mai.

CAPITOLO VII.

IL VETRO

Storia. — Parlasi del vetro nella Sacra Bibbia in due luoghi, cioè nel libro di *Giobbe*, ed in quello de' così detti *Proverbi*.

Da tempo immemorabile gli egiziani conoscevano l'arte di confezionare il vetro bianco e colorato, di tagliarlo, dorarlo, e ridurlo in perlette. Ciò viene dimostrato dagli ornamenti di perle di vetro, in vari colori e grandezze, con cui sono coperte ed involte alcune mummie trovate nelle catacombe di Tebe e di Memfi.

L'anno 370 prima dell'êra cristiana, Teofrasto cita e ricorda delle fabbriche di vetro presso i Fenicii, situate all'imboccatura del fiume Belo.

I romani hanno conosciuto il vetro due secoli prima dell'êra cristiana. Plinio ci dà curiosi particolari intorno al modo di fabbricare il vetro presso gli antichi. A' suoi tempi si erigevano fabbriche di vetro in Ispagna. Duecento dieci anni dopo l'êra cristiana, sotto Alessandro Sevèro, le fabbriche di vetro erano così numerose a Roma, che si confinarono in un lontano quartiere per riguardi sanitari.

Le notizie che ora abbiam date, intorno alla conoscenza del vetro presso gli antichi, spiegano perchè si trovino in Egitto, in Francia, in Germania, in Italia, da per tutto, molti vasetti e boccettine di vetro nelle tombe antiche sotterranee, e ne' sepolcreti.

Nella città di Venezia si fondarono le prime fabbriche di vetro che comparvero in Europa (1). Dicesi che le prime fabbriche di vetro in Venezia sieno state dirette da alcuni operai *arabi*, ivi condotti espressamente.

Le relazioni degli antichi cronisti e di altri storici autorevoli, asseriscono per contro che, quelle prime fabbriche di vetro furono dirette da alcuni marinai veneziani, i quali si trovavano a bordo delle navi mercantili veneziane che nel secolo VII cominciarono a frequentare i porti dell'Egitto, e che imparata sul luogo l'arte di fabbricare il vetro introdussero queste industrie in Venezia, usando come modelli varj oggetti asportati di tal genere. Il Filiasi poi emette la opinione che l'arte di fare il vetro e il cristallo siasi introdotto a Venezia dai profughi in queste lagune, i quali, sino dal tempo delle invasioni dei barbari, usavano utensili domestici di vetro da loro medesimi fabbricati.

Nel secolo XIII i veneziani scopersero il segreto di applicare agli specchi una *foglia di stagno*, e ne fecero un grande smercio per tutta Europa, e questi specchi confezionati in tal guisa, si conoscevano sotto il nome di *specchi di Venezia*. E diffatti gli antichi non hanno conosciuta l'arte di *stagnare* gli specchi, al fine che avessero a ripetere gli oggetti che venivano presentati dinanzi ad essi. Usavano invece una grande lamina di argento polito e reso lucido, o di qualche altro metallo poco ossidabile, facile a pulirsi e a riflettere la luce.

L'arte d'incidere sul vetro, dicesi sia stata scoperta da un artista alemanno, per nome Gaspare Lehmann, cui l'imperatore Rodolfo II, morto nel 1612, accordò il titolo d'*incisore sul vetro* presso la corte di Germania. Tuttavia l'arte d'incidere sul vetro non era del tutto ignorata dagli antichi, perchè Plinio ricorda certi *torni per incidere sul vetro*, che si usavano a' suoi tempi (2).

(1) Il Parkes nel vol. IV, alla pag. 87 de' suoi *Saggi chimici*, riferisce, sull'appoggio di *Beda* uno de' più rinomati fra gli antichi storici inglesi: che nell'anno 674 furono ordinati a Venezia, dall'abbate Benedetto priore del monastero di Weremouth in Inghilterra, i vetri per le finestre di detto convento, e chiamati alcuni artieri veneziani per porli in opera.

(2) L'arte d'incidere sul vetro, che dicesi lavoro *a rotelle*, era già conosciuta da' veneziani fino dal secolo XIII, contemporanea-

Composizione ed impasto del vetro. — Quando si fonde in un crogiuolo infuocato un miscuglio composto di silice, e di un ossido metallico alcalino o terroso, come sarebbero la *soda*, la *potassa*, la *calce*, l'*allumina* e la *magnesia*, combinandosi lo silice coll' ossido metallico fa nascere un miscuglio di *silicati* diversi, vale a dire di soda, di potassa, di calce ecc., il prodotto di una o l' altra di tali combinazioni chimiche è appunto il così detto *vetro*.

Possono distinguersi i vetri in *bianchi* e *colorati*. I primi servono per confezionare i servizi da tavola, le lastre pelle finestre, e altri di codesti utensili per gli usi domestici più proprii; i secondi servono per confezionare le bottiglie, e pegli utensili più grossolani. Comunemente si dà il nome di *cristallo* al vetro purissimo che può usarsi per le lenti degl' istromenti ottici.

Ora ci occuperemo de' singoli processi onde ottenere le tre qualità di vetro sopra enunciate.

Vetri bianchi. — Questa qualità di vetro che s' impiega per la formazione degli utensili più propri agli usi domestici, e per le lastre o specchi per le imposte, si forma col silice, colla calce, e colla soda o potassa. I vetri più lucidi e più bianchi che si conoscono al presente, e che sono formati a base di potassa e di calce, sono quelli di Boemia. Il vetro bianco di prima qualità ch' esce dalle fabbriche di Parigi è formato di sabbia di Fontaine-bleau, di creta bianca di Bougival e di carbonato di soda. Eccone il processo.

Si pone dapprima il miscuglio preparato in un forno per calcinarlo e ridurlo in polvere, indi si passa ne' crogiuoli in un altro forno apposito, dove la potente azione del fuoco continuo riduce queste materie allo stato di fusione, per cui ne risulta una pasta molle abbastanza per darle una forma. Prenderemo ad esempio la formazione di una lastra per le imposte.

L' operaio prende una canna di ferro di media lunghezza, la immerge alcun poco all' estremità inferiore nella pasta vitrea

mente alla stagnatura degli specchi, vale a dire, tre secoli prima che Rodolfo II imperatore di Germania, accordasse il titolo d'*incisore sul vetro* all' artiere *Gaspare Lehmann* per tale scoperta.

liquefatta per prendere con essa quella tal porzione di pasta, sufficiente alla formazione del pezzo che si vuol fare; indi soffia entro la canna, e la pasta che trovasi all'estremità inferiore comincia a gonfiarsi. L'operaio tiene sempre in movimento rotatorio la canna, per far prendere alla pasta una forma cilindrica allungata. Preso uno stromento di ferro apre immediatamente il fondo di questo cilindro, lo stacca dalla canna, e con un altro ferro lo taglia per lungo, lo apre e lo distende colla massima rapidità sopra una piastra metallica. Fatto ciò, si pone in un altro forno la lastra per compierne la cottura, e poscia si passa nel forno detto di *raffreddamento*, acciocchè si raffreddi a poco a poco, perchè se si esponesse subito all'aria potrebbe spezzarsi.

Vetri per le bottiglie. — Per la preparazione di questa qualità secondaria di vetro, si adopera dell'ocra polverizzata, essendo che questa materia contiene in sè dell'ossido di ferro che la rende fondibile. Vi si aggiunge della soda greggia, della cenere di legno, e molti frantumi di bottiglie. D'ordinario ogni forno per le bottiglie contiene sei crogiuoli, ed occorrono otto ore per liquefare le varie sostanze riposte ne' detti crogiuoli e ridurli in istato liquido.

L'operaio ritira da uno de' crogiuoli a mezzo della sua canna di ferro quella quantità di pasta che può bastare per la formazione di una bottiglia; indi fa rotolare su e giù sopra una piastra di ghisa, la pasta attaccata alla canna, ed in tal modo va a formare il collo della bottiglia; poscia vi soffia dentro e fa prendere alla pasta la forma di un uovo. Riscalda nuovamente il pezzo e poi torna a soffiare dopo averlo introdotto in uno stampo di bronzo, per dare alla bottiglia la forma che desidera.

Distaccata la bottiglia dalla canna, si riscalda ancora nel forno per applicarvi l'orlo intorno al collo, indi riceve l'ultima cottura, e lasciata raffreddare lentamente, è pronta per l'uso.

Cristallo. — Il cristallo differisce dal vetro propriamente detto, perchè esso contiene una certa quantità di ossido di piombo, allo stato di *silicato* di ossido di piombo, che non entra nel vetro ordinario. Questa sostanza minerale dà alla massa vitrea una perfetta limpidezza e un maggior peso spe-

cifico. I raggi luminosi che l'attraversano si rifrangono molto più che nel vetro ordinario o comune. Finalmente il cristallo in istato ancor caldo, si taglia facilmente colle forbici, per cui puossi dare ad esso qualunque forma propria anche alle decorazioni.

L'insieme di queste proprietà così notevoli rendono il cristallo prezioso per molti usi, e lo rendono superiore a qualsiasi altra qualità di vetro.

Il *minio*, o l'ossido rosso di piombo, è quello che serve alla preparazione delle differenti varietà del cristallo. Il cristallo comune e di qualità inferiore si ottiene, fondendo insieme in un crogiuolo della sabbia dolce purissima, del minio e del carbonato di potassa purificato, in date proporzioni.

Una varietà di cristallo ch'è molto compatta, che rifrange molto la luce, e che sotto l'azione del taglio imita il diamante, dicesi *Strass* dal nome dell'inventore. Se si colora con qualche ossido metallico, si possono ottenere delle pietre preziose artifiziali.

I vetri impiegati per fare le lenti ad uso degli stromenti ottici, sono i così detti *Crown-glass* e *Flint-glass* (1). Il primo si compone, col sale bianco, carbonato di soda, carbonato di potassa, creta ed acido arsenioso; il secondo, col sale bianco, minio e carbonato di potassa purissimo.

(1) Le due voci inglesi; *Grown-glass* e *Flint-glass*, vengono usate generalmente nella loro originalità in qualsiasi lingua, per indicare la prima il vetro, l'altra il cristallo proprii alla confezione delle lenti, in confronto del vetro o cristallo comune.

CAPITOLO VIII.

CANNOCCHIALI.

Storia. — Si è preteso che la invenzione de' cannocchiali non appartenga a' tempi moderni, ma non si è mai potuto provarlo. Si è benissimo constatato che presso gli antichi si osservavano gli astri con lunghi tubi di cartone, per cui, dice Aristotele, si vedevano le stelle, a quella stessa guisa e col medesimo effetto che si veggono nel fondo di un pozzo. Da ciò si conosce che non aveano alcuna analogia cogli stromenti di ottica de' quali dobbiamo occuparci.

Fracastoro e Porta. — Leggesi in un' opera di Fracastoro pubblicata a Venezia nel 1538: « Se guardasi attraverso due » pezzi di vetro posti uno sopra l'altro veggonsi tutti gli og- » getti ingranditi, e più vicini ». E nel libro intitolato: la *Magia naturale,* pubblicatasi nel 1590 a Napoli da un celebre fisico per nome *Porta,* si trova: « che ponendo una lente concava sopra una convessa, si potrà vedere gli oggetti più ingranditi e distinti. » Tuttavia nessun fisico a detta epoca non giunse a costruire un apparecchio ottico come il cannocchiale moderno.

Giovanni Lippershey. — Risulta da' documenti trovati ne' pubblici archivii della città de la Haye che, il 2 ottobre 1606, Giovanni Lippershey di professione ottico, nativo di Wesel e cittadino di Middelbourg, domandava agli *Stati generali* di Olanda un *brevetto,* o privilegio, di 30 anni, per la costruzione esclusiva di uno stromento ottico per osservare gli oggetti

lontani, come già era stato esposto e fatto conoscere agli onorevoli membri degli *Stati generali*. Quattro giorni dopo, una commissione nominata dagli *Stati generali*, decideva che lo stromento inventato da Lippershey sarebbe utile al paese ma che abbisognava perfezionarlo, onde poter osservare gli oggetti con tutt'i due occhi. Il 15 dicembre 1608, vale a dire, due anni dopo, l'istromento comparve colla ricercata modificazione, ed ecco il primo cannocchiale a *doppio tubo*.

Il 17 ottobre 1608, uno scienziato olandese per nome Giacomo Mezio, costruiva uno stromento che, secondo il suo avviso, avrebbe prestato il medesimo servigio come quello di Lippershey. Aggiungiamo che, nel 1609, l'immortale Galileo in Italia, riusciva da sè solo a costruire un istromento ottico, eguale a quello olandese, di cui non avea udito parlare che confusamente.

Come poi Lippershey che fu il primo, arrivò a costruire il suo cannocchiale? Mercè del suo ingegno, o per un mero accidente? Il gran fisico Huyghens disse ch'egli porrebbe al di sopra di tutti gli uomini colui, che senz'altro aiuto che il suo ingegno e le sue riflessioni, e senza il concorso del caso, fosse arrivato a inventare il cannocchiale.

Se vuolsi prestar fede alla tradizione, Lippershey avrebbe costruito il suo istromento ottico, dietro alcune nozioni somministrategli dall'accidente. Raccontasi, ch'essendo state ordinate a quest'ottico da un forestiere alcune lenti concave e convesse, il giorno convenuto si portò alla sua officina, ne scelse due, le pose entrambe dinnanzi al suo occhio parallele una all'altra, ora allontanandole, ora avvicinandole fra di loro, pagò l'importo e se ne partì senza far altra parola. Lippershey rimasto solo, prese a imitare il forestiere nell'applicazione delle due lenti dinnanzi al proprio occhio, per cui venne tosto a scoprire che avvicinavano ed ingrandivano gli oggetti lontani verso i quali egli dirigeva il suo sguardo. Immaginò quindi di fissare le lenti alle due estremità di un tubo cilindrico di cartone, e così venne a costruire il primo cannocchiale.

Secondo altri uno de' figli di Lippershey, giocarellando con alcune lenti, davanti un occhio ne pose due a qualche distanza, delle quali una era concava e l'altra convessa, e da un mo-

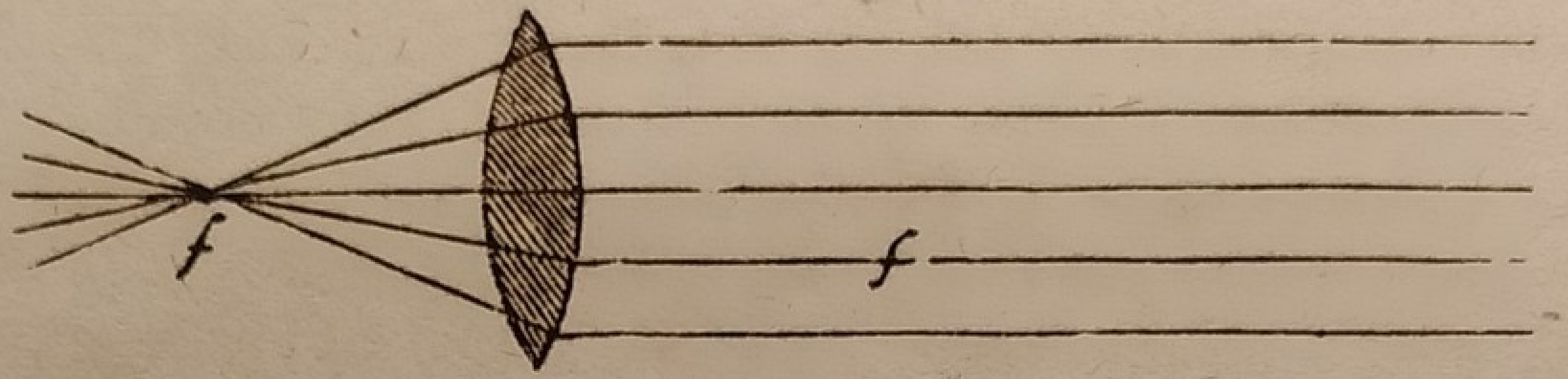


Fig. 1.

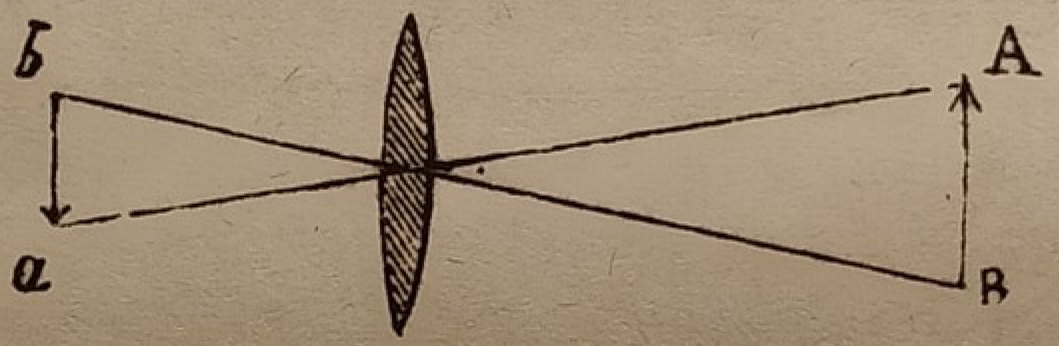


Fig. 2.

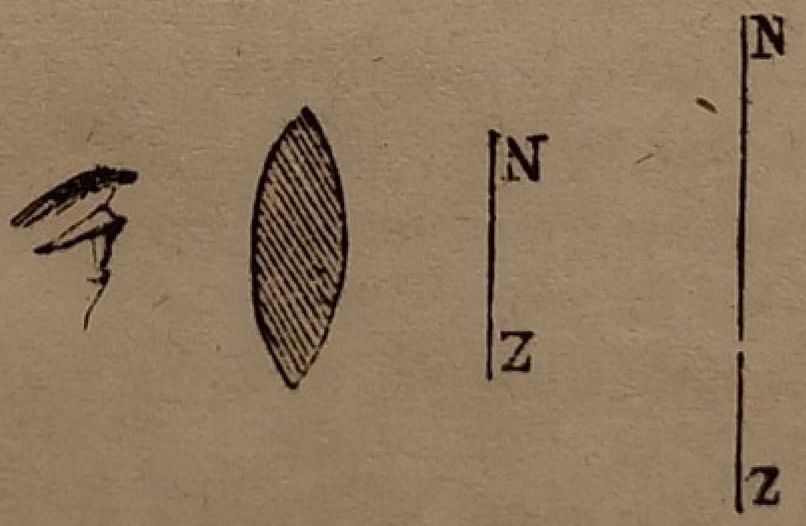


Fig. 3.

mento all'altro gridò per la gioia, avendo osservato il gallo di rame ch'era sul campanile di Middelbourg molto più grande, e che sembrava avvicinarsi ad esso. Lippershey ch'era presente a questa scena domestica, immaginò tosto di applicare le due lenti all'estremità di un tubo, e venne a costruire in tal modo per un mero accidente lo stromento maraviglioso di cui parliamo. Qualunque però sia il modo onde Lippershey venne a ottenere un simile risultato, non può negarsi certamente che questo artefice non sia stato il primo a costruire il *cannocchiale*, e dev'essergli accordato tal onore.

Primo cannocchiale a Parigi. — Leggesi nel giornale uffiziale sotto il regno di Enrico IV, redatto da *Pietro de L'Estoile*, in data 1 maggio 1609: « Giovedì scorso 30 aprile p. p., » essendo passato sul ponte de'mercanti, mi sono trattenuto » alquanto nel magazzino di un ottico, il quale facea vedere ad » alcune persone ivi raccolte per curiosità, alcuni cannocchiali » di nuova invenzione. Questi stromenti sono costituiti da un » tubo di cartone, lunghi un piede allo incirca, ed aventi alle » due estremità due lenti, una concava dalla parte ove si pone » l'occhio, l'altra convessa rivolta verso l'oggetto che vuolsi » osservare. Per bene osservare l'oggetto lontano si avvicina » il cannocchiale ad un occhio, e devesi chiudere l'altro, altrimenti si vedrebbero gli oggetti molto confusamente. L'oggetto lontano sembra avvicinarsi, e si vede in maggiori dimensioni che ad occhio nudo. Si può anche conoscere una » persona alla distanza di mezza lega. Mi si disse, che un ottico » di Middelbourg nella Zelanda era l'inventore. »

Il *ponte de'mercanti*, di cui parla Pietro de L'Estoile, attraversava a quel tempo la Senna in vicinanza del *ponte de'cambi*, e come questo eransi fabbricate sopra da una parte e dall'altra case e botteghe.

Teoria de'cannocchiali. — Sotto questo nome si comprendono tre specie di cannocchiali: cannocchiali *astronomici*, cannocchiali *terrestri* e cannocchiali *da teatro*. La teoria per dimostrare il giuoco fisico de'cannocchiali, si appoggia sul fenomeno della *rifrazione della luce*. È adunque indispensabile, per la intelligenza dell'effetto prodotto da siffatti istromenti, comprendere per bene un tale fenomeno.

Una massa qualunque di luce, un fascio luminoso, può con-

siderarsi come formato dalla riunione di più linee parallele fra loro, le quali si appellano, tecnicamente parlando, *raggi luminosi*.

Una sostanza, o corpo diafano di una costituzione uniforme, come sarebbe a dire l'aria e l'acqua, viene attraversata dalla luce in *linea retta*; ma quando un raggio di luce passa da un corpo all'altro di costituzione diversa, come, per esempio, dall'aria ad una lente che non ha la medesima densità, questo raggio non continua il suo cammino o direzione in *linea retta*, ma si spezza e diverge, giunto che sia al secondo corpo, vale a dire si *rifrange*. La costruzione delle lenti si appoggia alla proprietà de' raggi luminosi, di deviare dal loro cammino in linea retta, quando sono obbligati a passare attraverso due corpi, l'uno più denso dell'altro, o viceversa, ed ecco l'effetto naturale, riprodotto artifizialmente dalle due lenti diverse una dall'altra, cioè, *concava* e *convessa*, di una diversa densità, le quali appunto costituiscono il così detto *cannocchiale*.

Lenti. — La lente, il più semplice fra gl'istromenti di ottica, ci presenta l'applicazione materiale e pratica della *rifrazione* della luce. La lente è una piccola massa di vetro lavorato in maniera, che presenta due superficie sferiche; se dessa ha ambidue le superficie ricurve o fatte ad arco, dicesi *bi-convessa*, se incavata *bi-concava*.

Effetto d'ingrandimento della lente bi-convessa. — Esponendo dirimpetto al sole una lente *bi-convessa* i raggi solari che incontrano la superficie di essa, e attraversano il di lei spessore, si rifrangono due volte: entrando ed uscendo dalla lente, s'inclinano tutti l'uno verso l'altro dall'altra parte della lente, cioè quella opposta al sole; i raggi si riuniscono in forma di cono, e convergono in maniera da offrire all'occhio un minutissimo punto quasi impercettibile. Questo punto dicesi *fôco principale della lente*, com'è rappresentato dalla *Fig.* 1.

Se si colloca poi un oggetto luminoso, o rischiarato A B (*Vedi Fig.* 2), al di là di una lente *bi-convessa*, i raggi emanati dal punto luminoso A convergeranno in *a*, e quelli trasmessi dal punto B in *b*, essendo questi due punti i fôchi rispettivi de' raggi luminosi emanati da' punti A e B.

L'immagine prodotta dalla riunione de' fôchi corrispondenti a

ciascun punto dell'oggetto, potrà essere ripetuta e dipinta sopra un muro bianco, e veduta dall'occhio posto nella direzione de'raggi di luce, che si prolungano divergendo, dopo essersi incrocicchiati al punto del loro fôco. Questa figura, visibile al punto del fôco, si chiama l'*immagine reale* della lente.

Collochiamo ora un oggetto luminoso, o rischiarato tra il fôco della lente bi-convessa e la lente stessa. I raggi luminosi ch'emanano dall'oggetto, subiscono attraversando la lente delle *rifrazioni imperfette*. Essi non convergono più alla uscita, ma l'occhio che li riceve dalla parte opposta della lente, vede l'immagine N Z, ingrandita in N' Z'. Questa immagine che non puossi ricevere sopra il muro od altro, dicesi *virtuale* (*Vedi Fig.* 3).

Una lente *bi-convessa* posta dinanzi e vicina all'occhio, costituisce il *microscopio* semplice. Questo istromento serve al naturalista a discoprire tanto negl'insetti quanto ne' vegetabili minutissimi, delle parti che sarebbero invisibili ad occhio nudo. Ma di ciò parleremo a suo luogo.

Cannocchiale astronomico. — L'analisi che abbiamo fatto dell'ingrandimento degli oggetti prodotti da una lente bi-convessa, ci permette di spiegare il giuoco fisico, onde il cannocchiale astronomico fa vedere distintamente i grandi corpi celesti malgrado l'immensa distanza che li separa da noi. Il cannocchiale astronomico è costituito da due lenti bi-convesse, infisse alle due estremità opposte di un tubo metallico, formato di due pezzi rientranti l'uno in l'altro: allo scopo di allungare e di accorciare il tubo stesso secondo il bisogno richiesto dalla osservazione astronomica, e dalla qualità della vista dell'osservatore. Le dimensioni e il diametro delle due lenti non è eguale; questa che trovasi vicina all'occhio dell'osservatore, e che dicesi la *oculare*, è più piccola di quella ch'è di fronte all'oggetto che si sta osservando, e che chiamasi perciò *obiettiva*.

Abbbiamo già spiegato in qual modo una sola lente bi-convessa ingrandisce un oggetto. Senza troppo dilungarci diremo, che due lenti simili vale a dire bi-convesse, dirette verso il medesimo oggetto, devono per conseguenza ingrandire ancor più le apparenti dimensioni di quest'oggetto, producendo l'effetto che si desidera usando un cannocchiale qualunque.

I cannocchiali astronomici sono formati dalla riunione di due lenti bi-convesse, come abbiamo or ora veduto. Una di queste serve a riprodurre l'immagine, l'altra serve ad ingrandirla.

Cannocchiale terrestre ovvero di lunga vista. — Questo istromento differisce dall'astronomico in ciò, che le immagini si veggono pel diritto, invece che al rovescio; tale raddrizzamento si ottiene a mezzo di due lenti bi-convesse, convenientemente disposte fra la oculare e la obiettiva.

Cannocchiale da teatro. — Questo, ridotto a piccole dimensioni, differisce dall'astronomico avendo la lente oculare bi-concava, invece che bi-convessa, onde raddrizzare l'immagine che viene capovolta dal contrasto delle due lenti.

Il cannocchiale da teatro viene chiamato da qualcuno *cannocchiale alla Galileo,* perchè il cannocchiale astronomico di cui si servì Galileo la prima volta per fare le sue osservazioni ed i suoi studi sugli astri, aveva per oculare una lente *bi-concava,* e per obiettiva una *bi-convessa.* Il nostro cannocchiale da teatro, non è altro che un cannocchiale di Galileo ridotto a piccole dimensioni, e reso portatile.

Ricordiamo i cannocchiali da teatro a doppio tubo detti, cannocchiali doppii, o *binoculari*, di recente introduzione: usandosi con essi di ambidue gli occhi si discernono meglio persone e oggetti, e non si ha il grave incomodo di tener chiuso un occhio, mentre si fissa un oggetto.

CAPITOLO IX.

I TELESCOPII.

Il telescopio serve alla osservazione degli astri come il cannocchiale astronomico; ma l'ingrandimento degli oggetti è dovuto ad un altro meccanismo ottico. Nel cannocchiale astronomico, gli oggetti appariscono più grandi per l'effetto della rifrazione della luce attraverso le lenti, ma nel telescopio, lo ingrandimento degli astri e delle stelle ha luogo per la riflessione degli oggetti che si dipingono sopra *specchi metallici concavi* (*).

La prima idea di un istromento di questo genere venne indicata dal padre *Zeucchi*, verso la metà del secolo XVII, in un'opera pubblicata a Lione nel 1652. Questo scienziato ci dice, che gli venne l'idea fino dall'anno 1616 di usare degli *specchi concavi di metallo*, per produrre l'ingrandimento degli oggetti lontani, allo scopo di ottenere, mercè un semplice fenomeno di *riflessione*, il possente effetto d'ingrandimento, che non era realizzato fino allora che mercè la rifrazione de' raggi luminosi attraverso due lenti. Ponendo in atto pratico questo progetto, il padre *Zeucchi* costruì un telescopio

(*) Gli specchi concavi di metallo si conoscevano anche dagli antichi, e si denominavano specchi *ustòrii*, perchè da quanto ci raccontano gli storici, se ne servivano i popoli belligeranti nelle guerre navali per abbruciare le navi nemiche.

a *riflessione*, o *ricovero*, il quale dava i medesimi risultamenti come i cannocchiali astronomici scoperti sette anni prima (1609).

Telescopio di Gregory. — Nell'anno 1663 venne annunziato e descritto, se non eseguito, il telescopio di *Gregory*, cui erroneamente si dà il nome di telescopio di *Newton*.

La storia del telescopio di *Gregory* si appoggia sopra i fenomeni di riflessione, che provano i raggi luminosi cadendo sopra una superficie concava. Sarà dunque necessario per ispiegare gli effetti di questo nuovo istromento ottico, di entrare in qualche particolare rispetto alle riflessioni, o riverberi, che provano i raggi luminosi cadendo sopra superficie diverse.

Quando un fascio di raggi di luce cade verticalmente sopra una superficie piana e lucida, come, per esempio, una lastra di *latta*, essi ritornano sopra sè stessi senza cangiar direzione. Ma se cadono obbliquamente, essi riflettonsi, e sono spinti in un senso opposto a quello della loro direzione, facendo lo stesso angolo colla superficie piana, come il dimostra la figura geometrica al N. 1, nella quale *a, c*, rappresenta il raggio luminoso incidente, e *b c* il raggio riflesso sopra la superficie al punto *c*.

Se de' raggi paralleli cadono in linea retta sopra uno specchio posto obbliquamente, avviene lo stesso fenomeno, come se i raggi cadessero obbliqui sopra uno specchio orizzontale. Ora uno specchio sferico e concavo presenta in ogni punto una superficie obbliqua, eccetto al centro, e se è colpito da alcuni raggi paralleli, questi si ripetono sopra la sua superficie, convergono gli uni cogli altri e finiscono col riunirsi in un punto solo dell'asse dello specchio. Questo punto di concentrazione de' raggi luminosi è il fôco principale dello specchio (*Vedi Fig.* 2).

Se un oggetto V T è collocato a qualche distanza dinanzi uno specchio concavo (*Vedi Fig.* 3), i raggi che partono dall'estremità V dell'oggetto, passeranno tutti, dopo essere stati riflessi nello specchio, pel punto *v*, il quale sarà il fôco de' raggi luminosi emanati dal punto V, ed avverrà lo stesso, riguardo al punto T, per cui l'immagine dell'oggetto V T, si vedrà rovesciata sul punto *v t*. Questo specchio concavo potrà dun-

que sostituire l'obbiettiva del cannocchiale astronomico, vale a dire riprodurre al punto del suo fôco l'immagine dell'oggetto lontano. Conviene ora ingrandire questa immagine con una lente *oculare*. Ma l'osservatore deve collocarsi in modo da non impedire che i raggi luminosi arrivino allo specchio. Ecco la ingegnosa disposizione data al suo telescopio dal Gregory per ovviare un tale inconveniente.

Il suo telescopio si componeva di un lungo tubo di rame (*Vedi Fig.* 4.) Ad una dell'estremità di esso è collocato internamente uno specchio concavo M, avente nel centro un picciolo foro circolare. Al punto N è collocato un secondo picciolo specchio concavo il cui diametro è un pò più grande di quello del foro circolare indicato. I raggi emanati da un astro qualunque si riflettono sul grande specchio M, e formano un'immagine primitiva al punto *a-b*, la quale si trova fra il centro ed il fôco del piccolo specchio N, di maniera che i raggi, dopo essere stati riflessi una seconda volta nello specchio N, vanno a formare in *a*, *b*, un'immagine ingrandita, ed all'inversa di quella in *a b*, e per conseguenza diritta in rapporto all'astro. S'ingrandisce anche questa immagine a mezzo della lente oculare O, ch'è una lente bi-convessa, la quale ha la proprietà d'ingrandire gli oggettti da per sè stessa.

Nel 1672 Newton diede in dono alla società reale di Londra un telescopio a *riverbero*, ch'egli avea costruito colle sue mani, secondo il sistema del Gregory. Questa circostanza spiega l'errore di molti i quali attribuiscono a Newton la scoperta del telescopio a *riverbero*, mentre in realtà appartiene al Gregory.

Telescopio di Herschell. — L'astronomo William Herschell, che fioriva verso la fine del secolo XVIII ha molto contribuito colle gigantesche dimensioni de' suoi telescopii che costruiva, a far conoscere questo istromento ottico anche dal popolo, che ne restava meravigliato. Herschell era un maestro di musica, nè pensava di certo ad abbracciare la carriera astronomica, ma divenuto possessore di un telescopio, fu rapito in modo tale dalle meraviglie che il firmamento offriva alla sua vista, mercè tale stromento, che si entusiastò per le osservazioni celesti. Il telescopio da lui posseduto, non ingrandiva molto i corpi celesti, per cui egli procurò di avere

un telescopio di maggiori dimensioni. Ma il prezzo del nuovo istromento era troppo alto per un semplice amatore. Tuttavia Herschell non perdette il coraggio; lo stromento che non potè comperare, lo costruì da sè medesimo. Ed ecco il maestro di musica, divenuto da un momento all'altro scienziato, matematico, ottico, meccanico. Nell'anno 1781 egli avea di già preparato 400 grandi specchi concavi pe' suoi *telescopii giganteschi*.

Gl'immensi telescopii di Herschell consistevano in un grande specchio concavo di metallo, posto sul fondo di un largo tubo di rame, o di legno sottile, leggermente inclinato, acciocchè fosse riflessa l'immagine di un astro ingrandita di molto ed assai luminosa, verso l'orifizio del tubo stesso, dal qual punto si può osservare l'oggetto a mezzo di una lente a mano, restando così soppresso il secondo specchio minore del quale sono muniti i telescopii comuni.

Il maggior telescopio che sia stato costruito da quest'uomo insigne, e del quale si è anche servito, avea uno specchio di un metro e 47 centimetri di diametro, la lunghezza del tubo era di 12 metri, e l'osservatore si collocava alla estremità opposta dov'era collocato lo specchio, con una lente alla mano per osservare l'immagine.

L'inconveniente che cercò di togliere il Gregory nel gigantesco telescopio di Herschell non era calcolabile, perchè anche se l'osservatore si frapponeva fra l'astro e lo specchio, l'apertura del telescopio era tanto grande, che i raggi del corpo luminoso poteano entrare liberamente, ad onta che vi fosse una persona all'imboccatura del tubo. Da questo telescopio il corpo celeste veniva ingrandito 6000 volte! Per dare a questo colossale istromento la conveniente inclinazione ad ogni singola osservazione, Herschell avea fatto costruire un immenso apparecchio, di alberi, di corde, di carrucole e di scale, come puossi vedere dalla *Fig.* 5.

Questo grande complicato meccanismo appoggiava sopra una piatta forma munita di picciole ruote cilindriche che si giravano per ogni verso, onde poter dirigere il telescopio verso il punto che occorreva, ed il movimento del meccanismo si otteneva a mezzo di un *verricello*. L'osservatore si collocava sopra un pianerottolo costruito alla imboccatura del tubo.

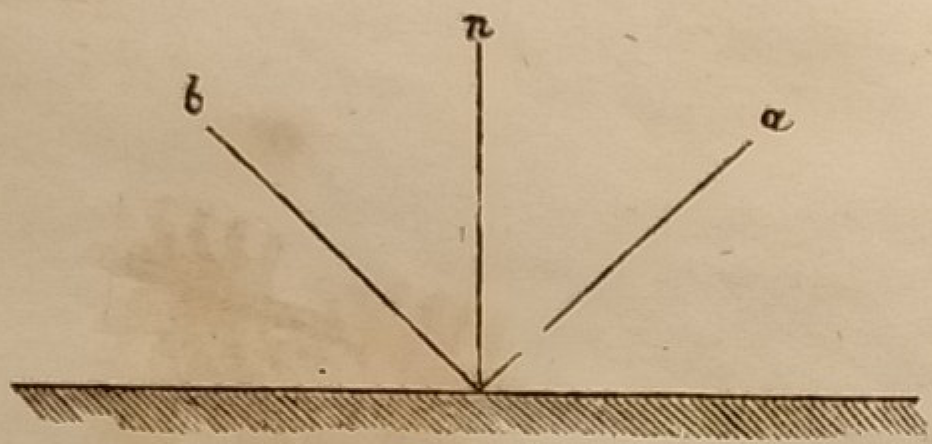


Fig. 1.

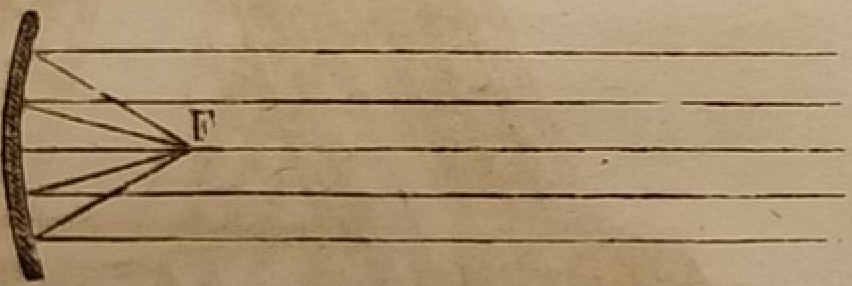


Fig. 2.

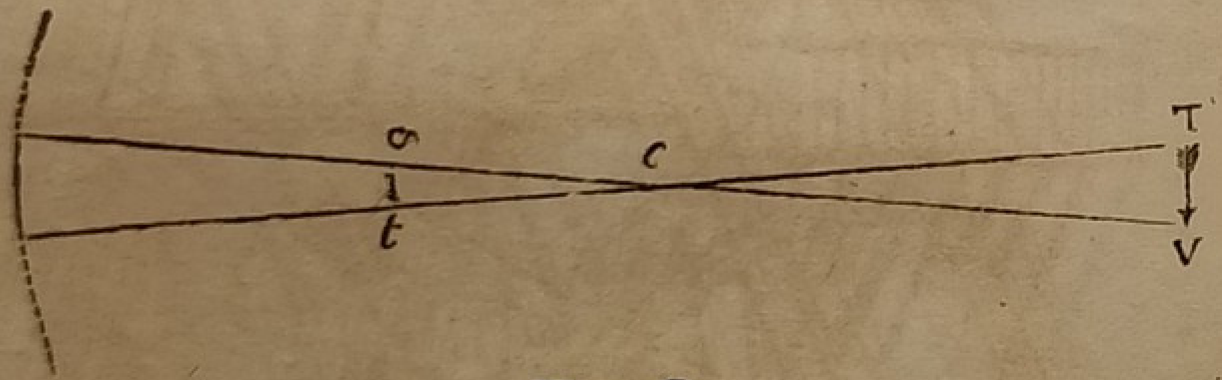


Fig. 3.

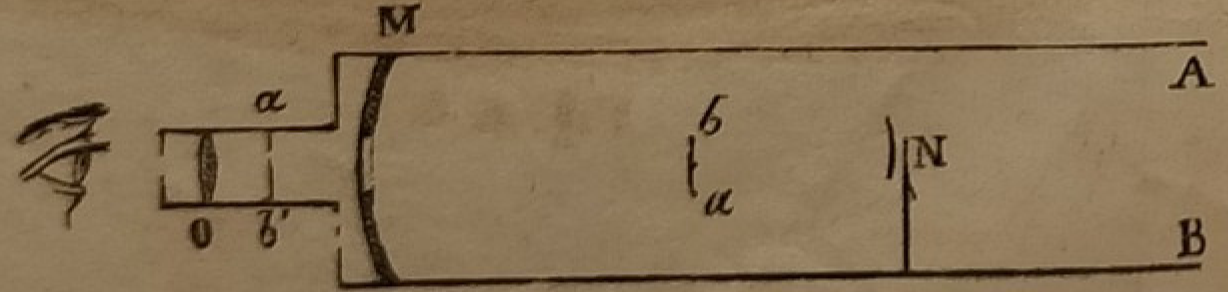


Fig. 4.

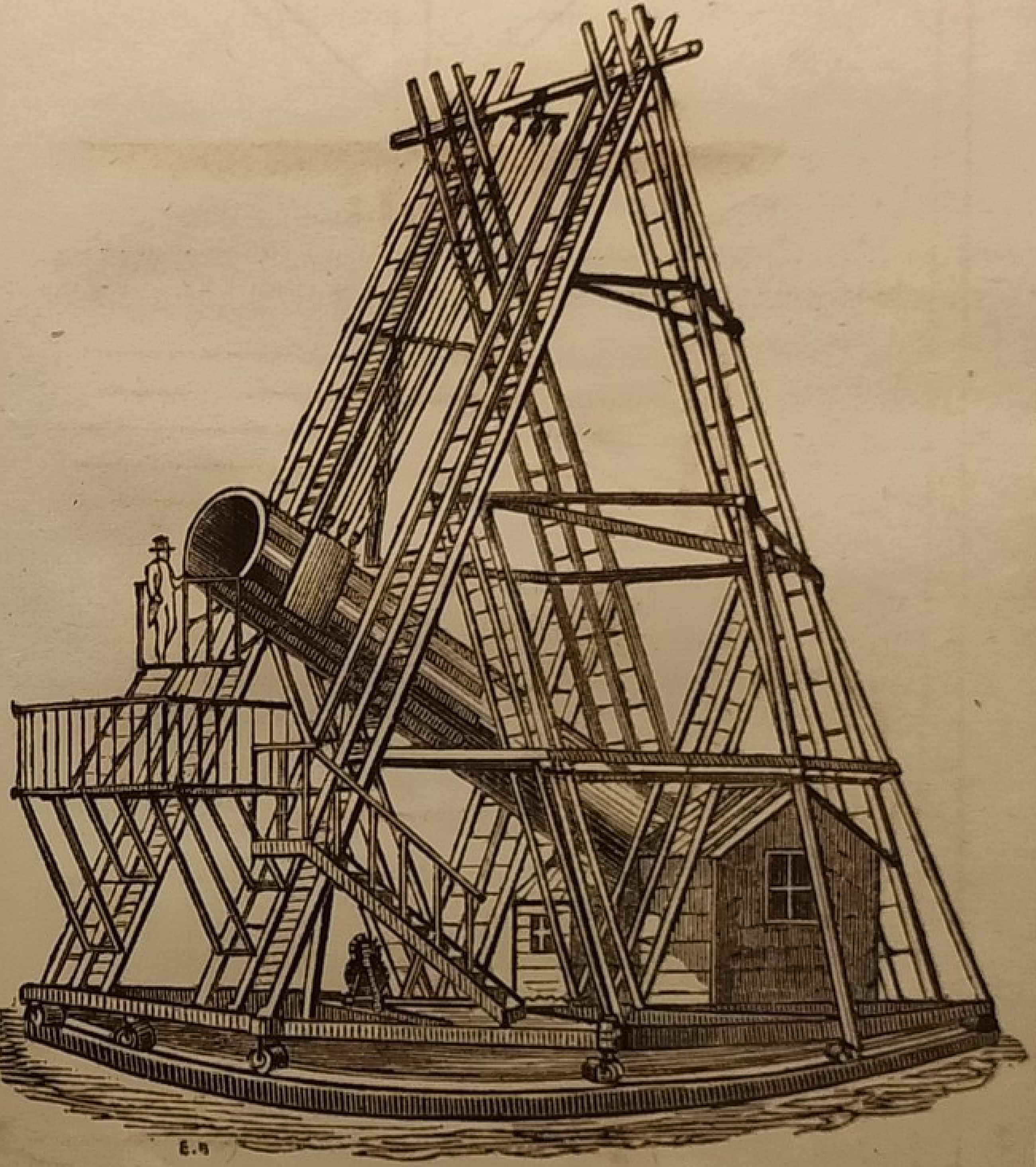


Fig. 5.

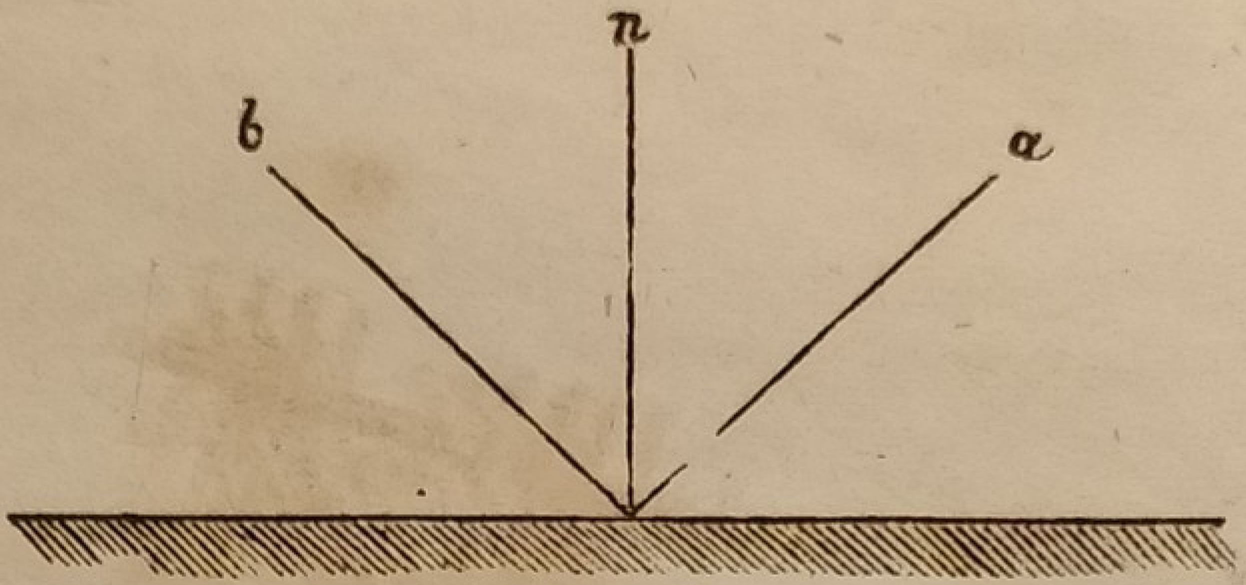


Fig. 1.

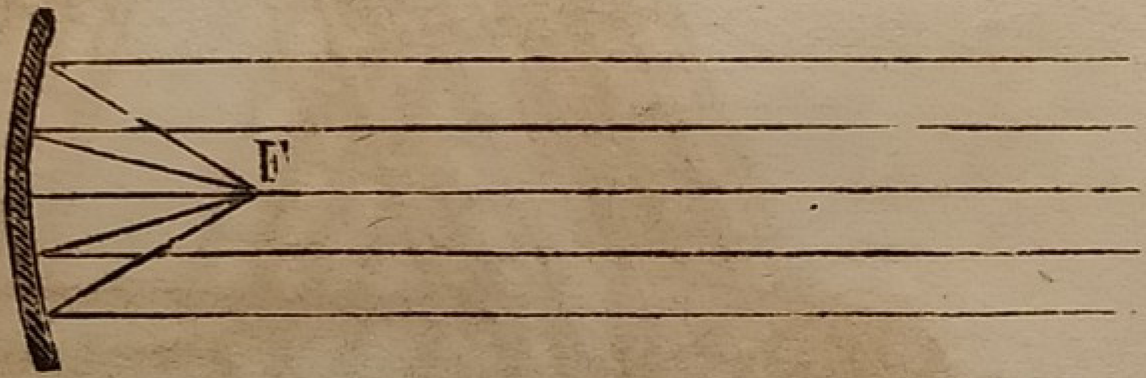


Fig. 2.

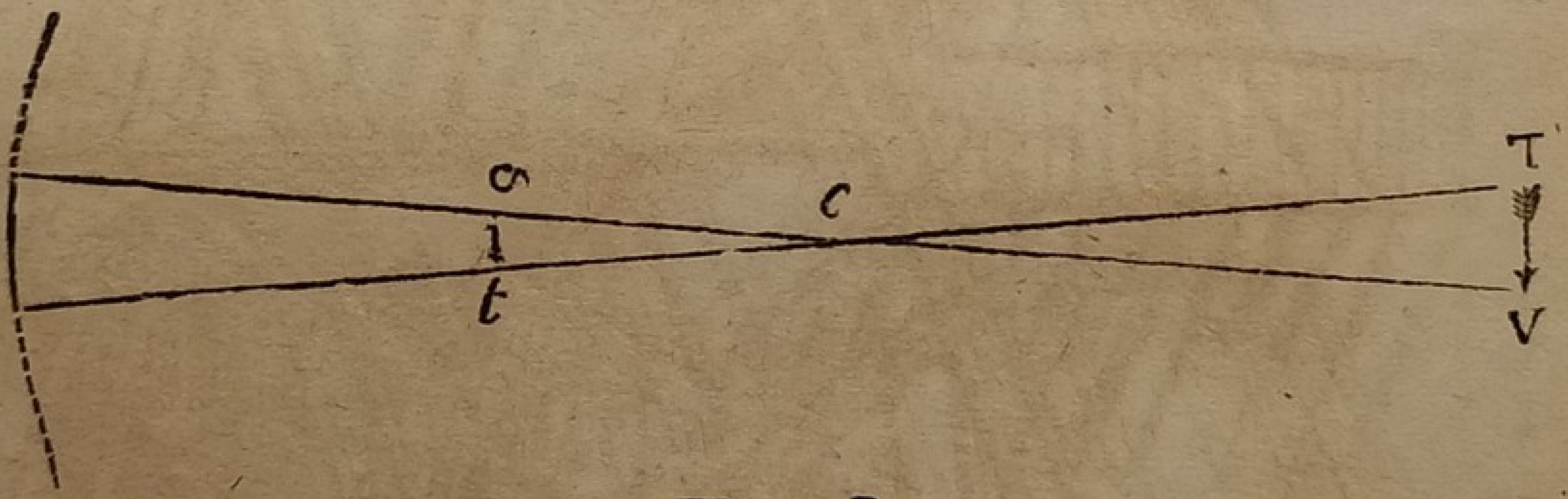


Fig. 3.

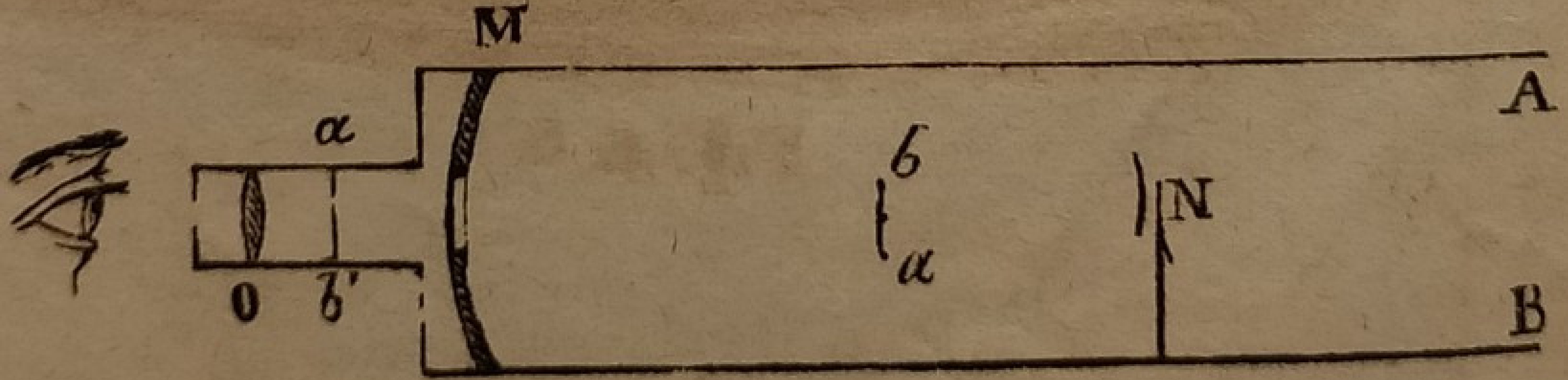


Fig. 4.

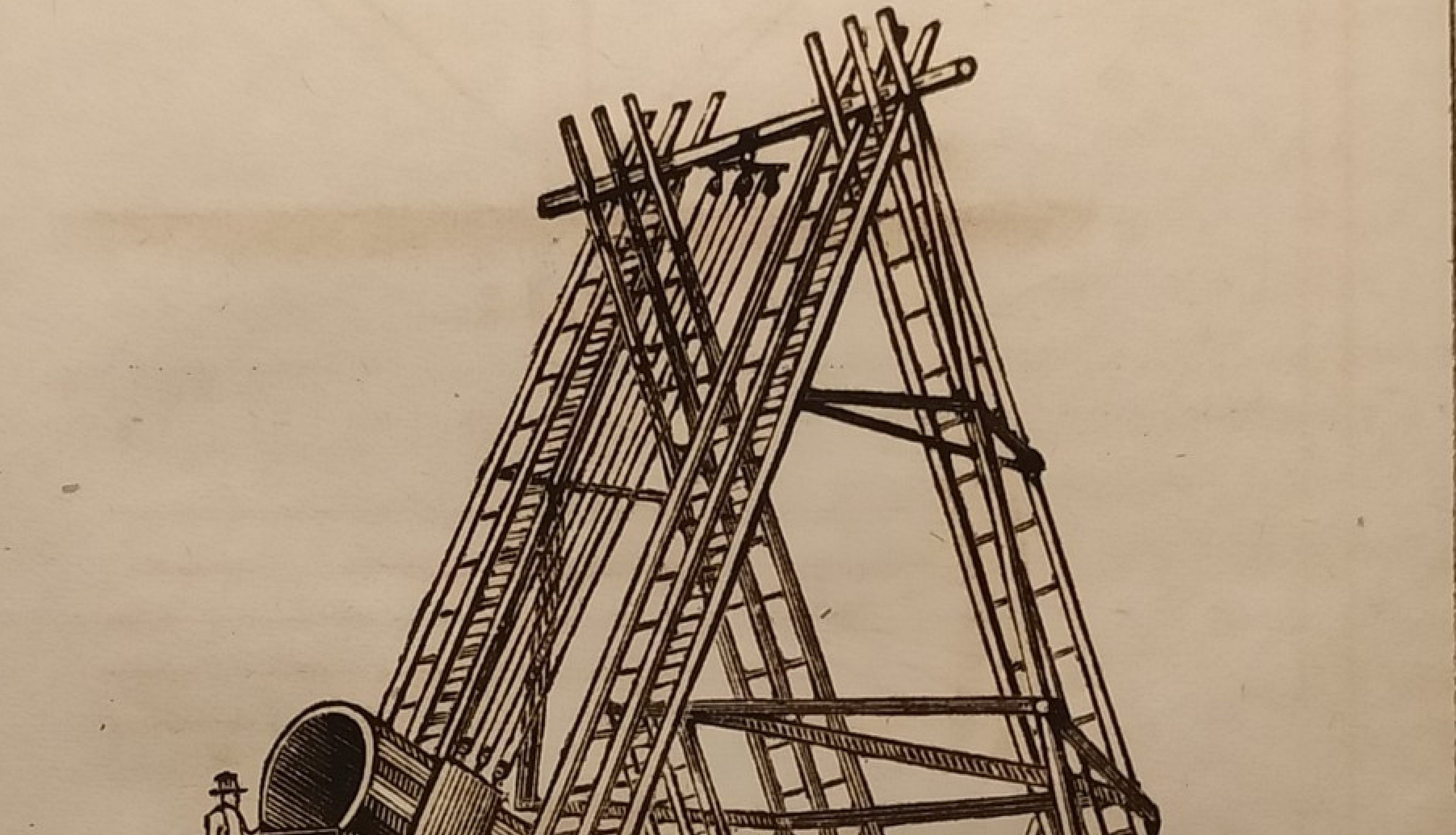


Fig. 5.

Del resto Herschell non si serviva che assai di rado di questo immenso telescopio.

Appena *cento ore* serene si possono calcolare in un anno in Inghilterra sotto quel cielo così nebbioso, durante le quali si possano osservare nella pienezza della loro luce e senz'alcun ostacolo atmosferico, il sole, la luna e gli altri pianeti.

Non sono molti anni che lord Ross di Londra costruì un telescopio, ancora più enorme e più potente di quello di Herschell. Lo specchio di questo nuovo istromento pesa 3809 chilogrammi, e il tubo 6604.

Fino da' primi anni del nostro secolo si tralasciò in Francia di usare il telescopio, qual mezzo di osservazione riguardo ai corpi celesti, servendosi i moderni astronomi degl'istromenti di *rifrazione*, vale a dire de' cannocchiali astronomici.

CAPITOLO X.

IL MICROSCOPIO.

Dicesi *microscopio* quello stromento ottico che ingrandisce i piccioli oggetti impercettibili all' occhio nudo.

Il microscopio distinguesi in *semplice* o *composto*, perchè questi due stromenti, quantunque concorrano al medesimo scopo, differiscono molto fra loro tanto per la costruzione, quanto per l'epoca della loro scoperta.

Microscopio semplice. — Questo non è altro che una lente *bi-convessa*. Posto vicinissimo all'occhio dell'osservatore, questa lente ingrandisce l' oggetto che si guarda attraverso la sua grossezza in forza del giuoco che viene esercitato dalla luce sulle lenti, di cui abbiamo parlato alla *pagina* 67, per lo che non abbiam nulla ad aggiungere per ispiegare il fenomeno dell' ingrandimento del microscopio semplice.

L' uso delle lenti che ingrandiscono gli oggetti risale alla più rimota antichità. Ed in fatti si conobbe da secoli il fenomeno dell' ingrandimento di un oggetto prodotto da un corpo diafano avente la superficie convessa. Le ampolle di vetro o di qualche altra materia trasparente erano in uso presso gli antichi per ingrandire i caratteri, e per incidere i *cammei*. Nel secolo XIV s' impiegavano le lenti tagliate in forma sferica, pe' lavori di certe professioni, come sarebbe a dire la orologieria, la incisione, ecc. Colle lenti così tagliate furono costruiti i primi microscopi *semplici*, che servirono alle osservazioni

de' celebri anatomici Leuvenek, Swammerdam e Lyonnet. La lente serve al presente ai naturalisti per osservare alcune parti animali e vegetabili quasi invisibili; così pure le usano i chimici e i fisici per discoprire la forma di alcuni *cristalli*, che sono impercettibili all' occhio nudo.

Si diede il nome per qualche tempo di microscopio di *Raspail* al microscopio semplice, vale a dire ad una lente che si era applicata ad un' asta o spranghetta di ottone infissa perpendicolarmente sopra un piede di legno, o dello stesso metallo, cui era assicurato un piccolo disco di vetro incassato in una cerniera metallica sul quale appoggiavasi l' oggetto. La lente avea anch' essa il suo contorno di ottone, e poteva scorrere lungo la spranghetta e fermarsi a quel punto che si voleva a mezzo di una vite applicata al contorno stesso. Ma questo non era che lo stesso microscopio semplice che già negli anni precedenti avevano usato i suddetti anatomisti, colla differenza, che questi tenevano la lente già munita di cerniera colla mano, mentre nel così detto microscopio *Raspail*, la lente era infissa ad una spranghetta metallica.

Raspail coll' invenzione di un apposito apparecchio per sostener la lente e portar l' oggetto microscopico, perfezionò il primitivo microscopio, poichè rimanendo la lente fissa e immobile, si può osservar meglio e a lungo l' oggetto.

Il microscopio semplice qualunque sia la forza della rifrazione della lente ed il suo grado di curvatura, o la convessità di ambidue le superficie, ch' è la medesima cosa, non può ingrandire un oggetto oltre *cinquanta* volte.

Microscopio composto. — Questo istromento è formato dalla riunione di due lenti di diametro diverso delle quali la più piccola è l' *obbiettiva*, la più grande l' *oculare*.

Storia. — Il primo microscopio composto, ossia costituito dalla riunione di due lenti venne costruito nel 1590 dall'ottico olandese *Zaccaria Zansz*, o *Jansen*. Alcuni poi sono della opinione che questa scoperta debba attribuirsi all' alchimista pure olandese, *Cornelio Drebbel*, nel 1572. Il microscopio presentato da *Jansen* nel 1590 a Carlo Alberto arciduca d'Austria, aveva, dicesi, *due metri* di lunghezza; era dunque di un uso molto incomodo (*).

(*) La esagerata dimensione di questo microscopio riferita dal

Questo istromento fu perfezionato in seguito da Galileo, e da Roberto Hooke, ma, per ottenere degli ingrandimenti considerevoli, occorreva impiegare delle lenti grosse che avessero a rifrangere assai i raggi luminosi.

Quando poi i fisici vollero ingrandire gli oggetti dalle 150 alle 200 volte, furono arrestati da un ostacolo che sul principio sembrava insormontabile, il che portò alla scienza notabile ritardo.

Procureremo ora di far comprendere la natura di questo ostacolo.

Nello stesso tempo in cui la luce passando attraverso l'atmosfera si rifrange, tanto più subisce questa modificazione attraendo un pezzo di cristallo, per cui si decompone in molti raggi *colorati*. Nella luce ordinaria, apparentemente bianca, vi sono sette colori: il *violetto*, l'*indaco*, il *bleu* o *cilestre*, il *verde*, il *giallo*, l' *arancio* ed il *rosso*. Tutti veggono distintamente questi colori quando l'arcobaleno comparisce sul nostro orizzonte e sembra dipingersi sulla volta del cielo. Si veggono eziandio entro le nostre pareti domestiche, quando i raggi del sole attraversano i vasi o le bottiglie di cristallo, e così pure la decomposizione della luce ci offre il sorprendente spettacolo appena levato il sole, di far comparire asperse di pietre preziose o di diamanti colorati le singole foglie dell'erba de' nostri prati, sulle quali riposano i globetti o le goccie sferiche della rugiada notturna.

Per questa decomposizione della luce che si effettua attraverso qualsiasi corpo diafano di forma sferica, o di superficie convessa, più grosse sono le lenti e più ricurve le loro superficie, più gli oggetti osservati attraverso di esse riescono e appariscono colorati, e quindi si veggono in confuso.

Newton diceva essere impossibile di rimediare a tale difetto, perchè per evitare questo inconveniente, vale a dire che gli oggetti non fossero contornati dall'*iride*, occorreva servirsi di lenti *acromatiche*, le quali sino allora nessuno era riuscito a formare.

Figuier dev' essere certamente erronea; egli avrà forse inteso scrivere *due piedi*, e non *due metri!* Ma anche questa sarebbe una misura soverchia per un microscopio.

Finalmente nel 1757 un ottico di Londra per nome *Dollond* riuscì a costruire delle lenti *acromatiche*. Egli ottenne ciò, facendo combaciare una lente bi-convessa di *Crown-glass* colla superficie concavo-convessa di una lente di *Flint-glass* (1). Ma non fu che nel 1824, che le lenti acromatiche, applicate già alle varie specie di cannocchiali, e ad altri istromenti ottici, sieno state realizzate nella composizione del microscopio composto, dal fisico francese *Selligues*. Da quest' anno la potenza del microscopio dell' ingrandimento degli oggetti fece rapidissimi progressi, e al presente si trovano presso i migliori fabbricatori di istromenti ottici de' microscopii composti che ingrandiscono un oggetto 1200 volte (2).

Teoria del microscopio composto. — Ci resta ora a spiegare il meccanismo fisico a mezzo del quale si giunge, con due pezzi di cristallo convenientemente tagliati e preparati, a scoprire un mondo sconosciuto, ed a svelare all'uomo una pagina ammirabile del libro della creazione, ignoto fino ad ora ai di lui sensi, e conquistato dal di lui ingegno.

Il microscopio composto contiene due lenti bi-convesse, una *oculare*, l' altra *obiettiva*, come il cannocchiale astronomico. Questo microscopio è adunque in minori dimensioni come il cannocchiale astronomico, essendo facile il comprendere, che avendo un meccanismo analogo, a quella stessa guisa che il cannocchiale ingrandisce gli oggetti lontani, anche il microscopio dovea ingrandire gli oggetti minuti e vicini.

Nel microscopio l' oggetto A B (*Vedi Fig.* 1.) essendo vicinissimo all'obiettiva O, un' immagine ingrandita *a b* va a formarsi al di là dell' obiettiva stessa. Fra l'oculare P prestando l' uffizio di lente come nel cannocchiale astronomico, si ottiene al punto *a' b'* una nuova immagine ingrandita in modo, da distinguere esattamente un oggetto in ogni sua parte, che

(1) Non appena furono scoperte le lenti *acromatiche*, queste vennero applicate tanto a' cannocchiali astronomici quanto a quelli da teatro, per evitare appunto l' inconveniente dell' iride, quello cioè di colorare i contorni di qualsiasi oggetto che venisse osservato.

(2) Potrebbesi ricordare a questo proposito il portentoso microscopio *solare*, da non molti anni introdotto, il quale ingrandisce gli oggetti milioni di volte.

attesa la di lui piccolezza, era invisibile o quasi invisibile all'occhio nudo.

Il microscopio composto è dunque un istromento ottico col quale si vede a mezzo di una lente non già un oggetto direttamente, ma bensì l'*immagine* di questo ingrandita da un'altra lente bi-convessa, mentre col microscopio semplice si osserva direttamente l'oggetto.

Nel microscopio composto, rappresentato dalla *fig.* 2 havvi l'oculare I, e l'obiettiva C; la lettera B è il *porta oggetto*; la lettera A è il manubrio di una vite colla quale si muove, e si dà l'inclinazione necessaria ad un picciolo specchio circolare posto orizzontalmente ed assicurato con due pernetti allo stromento, il quale deve rischiarare l'oggetto appoggiato sopra una laminetta di vetro, per cui si vede in trasparenza.

La lettera E indica una vite colla quale si allunga e si accorcia il tubo interno del microscopio, onde trovare il vero punto del fôco, secondo il grado di vista dell'osservatore.

Applicazioni del microscopio. — Applicato a un numero immenso di svariati oggetti della natura, questo ammirabile istromento incanta i nostri occhi, rapisce il nostro spirito, accende la nostra immaginazione, dinanzi alle meraviglie della struttura di corpi organici. Un granello di terra, una minima frazione di erba, sottomessi all'azione di questo istromento, ci discoprono un nuovo mondo, dove trovasi nel suo pieno vigore l'attività e la vita. Una goccia d'acqua, un frammento di materia organica animale o vegetabile in istato di fermentazione o decomposizione, lasciano vedere, se si assoggettano al microscopio, delle miriadi di esseri viventi, rettili, quadrupedi, ottipedi, delle più strane e bizzarre forme, aventi ognuno una perfetta organizzazione, e nell'esercizio delle loro funzioni fisiologiche, come gli animali delle grandi specie che si conoscono. La scoperta di questo mondo invisibile, ignorato da' nostri padri, e detto a buon diritto il *mondo microscopico*, è un motivo di più per ammirare la onnipotenza del Creatore.

Nelle scienze propriamente dette le applicazioni del microscopio sono innumerevoli. I chimici impiegano questo istromento per discoprire la presenza di alcuni cristalli che rendono certi liquidi *opalizzati*, onde rilevare la loro forma, e per distinguerli da altre sostanze analoghe.

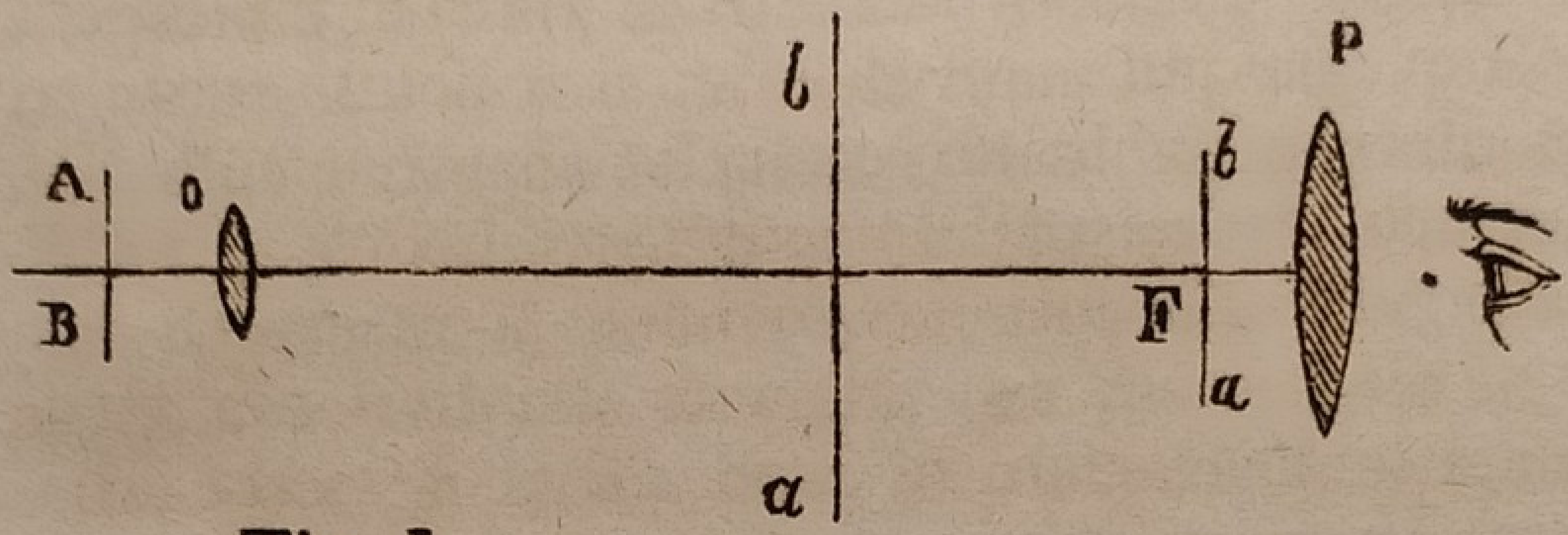


Fig. 1.

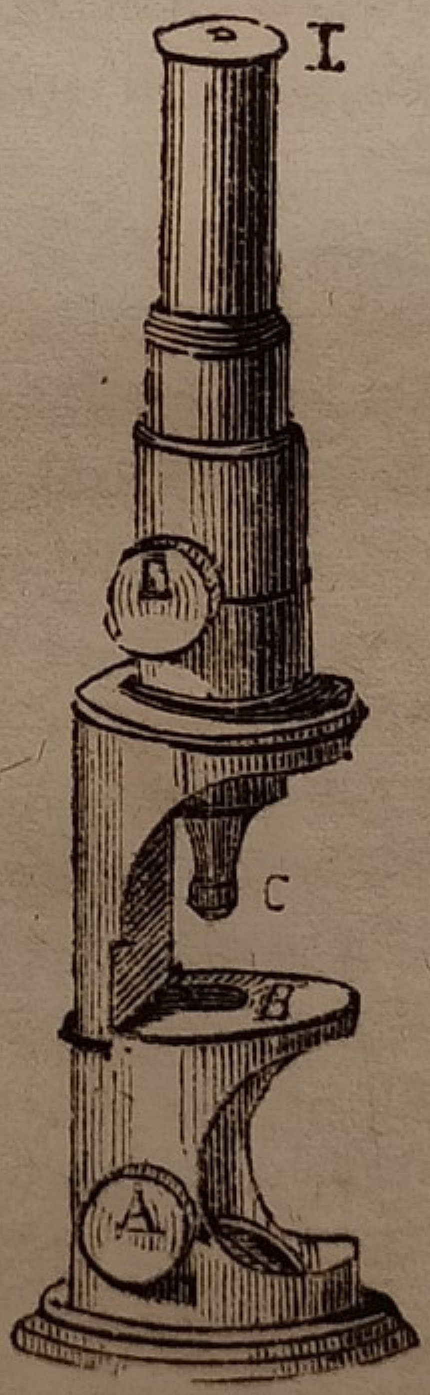


Fig. 2.

I medici possono servirsi per indagare la causa occasionale di alcune malattie, a loro ignota, assoggettando al microscopio i liquidi, e gli escrementi del corpo umano, come sarebbe a dire: il sangue, il latte, la saliva, l'orina, ecc.

Serve poi questo istromento a mettere in evidenza le falsificazioni de' *filati* di lino, di lana, di cotone, di seta, non che le materie alimentari, e così pure a misurare i corpi più impercettibili. Si è potuto conoscere che i globetti di cui è composto il sangue hanno il diametro di 1/125 di millimetro, e quello ch' è ancora più sorprendente, si è potuto eseguire, mercè esattissime macchinette costruite appositamente, nel minimo intervallo che misura un millimetro, fino a *mille* divisioni eguali. E di tale portento, ognuno potrà capacitarsi, osservando col microscopio un millimetro così diviso, sul quale scorgerà chiaramente ciascuna di queste divisioni secondarie.

CAPITOLO XI,

IL BAROMETRO.

Origine del barometro, e il peso dell' aria. — L' aria è un gas invisibile e senza colore, quindi si deve considerare un corpo. Ora essendo tutti i corpi pesanti, l'aria dev' essere necessariamente dotata anch' essa di un peso specifico.

L' esperienza dimostra con certezza fisica quanto dimostra il ragionamento.

Prendasi come lo indica la *Fig.* 1, un vaso di vetro di forma sferica munito alla imboccatura di una guarnitura metallica e di un robinetto. Questa palla di vetro ch' è naturalmente piena di aria, si attacca a mezzo dell' uncino che sormonta la guarnitura, ad un altro uncino infisso nella parte inferiore del piatto di una bilancia, e nell' altro si pone il peso necessario per contrabilanciare quello della palla piena di aria.

Tenuto conto del peso, e stabilito così l' equilibrio della bilancia si distacca la palla, e con una macchina *pneumatica*, si leva l' aria ivi rinchiusa. Chiudesi il robinetto in modo da impedire che abbia a penetrare la minima bolla di aria nella palla, la quale si attacca nuovamente al piatto della bilancia. Ma così non esisterà più l' equilibrio della bilancia, e per ristabilirlo converrà porre sul piatto cui è attaccata la palla di vetro quel tal peso onde ristabilire l' equilibrio distrutto, e questo peso rappresenterà quello dell' aria levata a mezzo della macchina pneumatica. L' aria adunque è pesante. Tale esperienza si può eseguire nel modo inverso, vale a dire pesare

prima la palla vuota, e poscia lasciare entrare l'aria aprendo il robinetto, e avrassi il medesimo risultato, con questa differenza, che il peso da aggiungersi, dopo riempiuta la palla di aria, dovrà porsi nel piatto opposto a quello cui è attaccata la palla, per ristabilire l'equilibrio della bilancia. Se la capacità di questa palla fosse *un litro*, il peso necessario per istabilire l'equilibrio sarà di *un grammo ed un terzo*; se la di lui capacità sarà di 10 *litri*, il peso da aggiungersi sarà di 13 *grammi*. Dunque l'aria è pesante, ed ogni litro pesa *un grammo ed un terzo.*

Conseguenze del fenomeno del peso dell'aria. — L'aria essendo pesante, esercita necessariamente sopra tutt'i corpi collocati sulla superficie della terra una certa pressione. Il suolo, le acque e, in generale, tutto quanto esiste e si muove sulla terra trovasi compresso uniformemente da ogni parte e per ogni verso, dalla massa dell'aria che lo attornia.

Se prendesi una campana di vetro, e la si collochi sulla superficie dell'acqua contenuta in una bacinella, l'aria che trovasi nella campana preme su quella parte di superficie che resta coperta dalla campana medesima, e il resto della superficie rimane sottoposta alla pressione dell'aria esterna. Ma se, con un artifizio qualunque, si viene a levare l'aria esistente nell'interno della campana ponendo, per esempio, una macchina *pneumatica* in comunicazione coll'interno della campana, a mezzo di un tubo ricurvo introdotto per un'apertura praticata sulla sommità della campana stessa, vedrassi che l'acqua rimasta al di fuori della campana, essendo premuta dall'aria circostante, corre immediatamente a riempire lo spazio ch'era occupato dall'aria, rimasto affatto vuoto, non trovando più la resistenza di quella massa di aria, che opponevasi all'ingresso dell'acqua medesima,

Se viene sostituito all'acqua un liquido più denso e più pesante, come sarebbe il *mercurio*, e invece della campana si prenda un picciolo tubo o cannello di vetro cilindrico lungo circa un metro, aperto ad una delle sue estremità, ed avente dall'altra una cerniera metallica munita di un robinetto (*Vedi Fig.* 2.) la esperienza darà il medesimo risultato.

Lasciato aperto il robinetto, il tubo trovasi pieno di aria la quale scorre liberamente da un'estremità all'altra; immergendo

questo cannello in un recipiente pieno di mercurio, questo s'introdurrà nel tubetto fino al punto in cui verrà immerso nel recipiente, essendochè la pressione dell'aria contenuta nell'interno di esso, è eguale a quella che gravita sulla superficie del mercurio contenuto nel recipiente; ma se levasi l'aria che occupa lo spazio nell'interno del tubo fra il mercurio introdottosi e l'estremità superiore del cannello, mettendo questo in comunicazione con una macchina pneumatica come si fece nella campana, levata l'aria, chiuso il robinetto e formato il vuoto, si vedrà ascendere immediatamente il mercurio non trovando più la resistenza dell'aria che ci era dapprima, e che venne del tutto levata. In queste condizioni, il mercurio s'innalzerà fino alla media altezza di 76 centimetri allo incirca, per cui puossi stabilire, che l'aria esercita sopra qualsiasi corpo od oggetto che trovasi sulla superficie del globo terracqueo una pressione, la quale è rappresentata dal peso specifico di una colonna di mercurio dell'altezza di 76 *centimetri*, avente per base il diametro del tubo entro cui si rinchiude.

Il picciolo apparecchio ora descritto e rappresentato dalla *Fig.* 3, è basato sul medesimo principio del così detto *barometro*, vale a dire quello stromento fisico che serve per indicare e misurare con esattezza il peso dell'aria atmosferica, e quindi la pressione ch'esercita la medesima sulla superficie della terra e delle acque, non che sopra qualsiasi corpo od oggetto.

E diffatti, il *barometro* altro non è, che un picciolo tubo cilindrico di sottilissimo vetro dal quale si è levata l'aria, chiuso alla estremità superiore, e avente nell'interno del mercurio fino all'altezza corrispondente alla pressione dell'aria atmosferica. Vedremo in seguito come ottengasi con tutta facilità e in modo semplicissimo la espulsione dell'aria dall'interno del tubo del barometro. Noi per ora ci accontentiamo di aver fatto conoscere il principio generale, sopra cui viene basata la costruzione di questo utilissimo stromento.

Storia della scoperta del peso dell'aria, e della costruzione del barometro. — Gli antichi aveano anch'essi una qualche idea del peso dell'aria, ma però assai vaga. E per fermo non potevano mettere in dubbio un tal fatto, avendo sott'occhio

gli svariati effetti prodotti dal movimento dell'aria, e più ancora dalla violenza de' venti. Aristotele ammette insieme agli altri filosofi del suo tempo, il fatto del peso dell'aria, ma non andarono più innanzi, e non seppero cavare la menoma deduzione da tale principio, per ispiegare i fenomeni naturali prodotti dall'aria stessa.

Gli antichi ammettevano l'*orrore del vuoto* in natura, e con questo spiegarono il fatto della salita coll'acqua nel tubo delle pompe aspiranti, ed in un tubo di vetro o di metallo, immerso a metà di un recipiente di acqua, dal quale siasi estratta l'aria interna, applicando la bocca all'estremità superiore del medesimo, e aspirando. Se l'acqua, dicevano essi, s'innalza rapidamente e va ad occupare spontanea uno spazio qualunque in cui siasi formato il *vuoto* ed estratta l'aria, ciò significa, che la natura *abborre* qualsiasi spazio *vuoto* ed ama invece il *pieno*. Questo fa conoscere, come gli antichi filosofi i quali ragionavano tanto saggiamente nelle cose astratte, non avessero egualmente il loro criterio, quando voleano occuparsi nell'indagare alcuni fenomeni naturali, i quali venivano svisati con ipotesi del tutto erronee.

La *scolastica*, cioè la filosofia del medio-evo, continuò a professare la massima stranissima e priva di appoggio, relativamente all'*orrore* che ha la natura pel *vuoto*, avuta in retaggio e per tradizione degli antichi, e che venne ammessa e ritenuta per vera, fino alla metà del secolo XVII.

Opinione di Galileo. — Nel palazzo del gran duca di Toscana si erano costruite delle pompe per innalzare l'acqua dell'Arno, ma l'acqua non poteva arrivare all'altezza voluta, che oltrepassava la misura di 32 piedi. Questo fenomeno era noto anche agli operai, perchè sapevano che l'acqua non può innalzarsi al disopra di 32 piedi nel tubo di una pompa aspirante, che abbia un'altezza maggiore. Galileo testimonio di tal fatto, cercò di spiegarlo, ma non potè riuscirvi, non avendo data che una spiegazione confusa ed erronea di tale fenomeno, per cui dovette confessare o riconoscere la teoria degli antichi, non osando rigettare la massima dell'*orrore* che ha la natura pel *vuoto*.

Torricelli scopre la causa della salita dell'acqua ne' tubi delle pompe. — Questo giovane matematico nativo di Roma,

e allievo di Galileo, che aveva attinto dal maestro qualche nozione intorno all'ascensione dell'acqua nel tubo di una pompa, fu, a dir il vero, poco soddisfatto della spiegazione di questo fenomeno, si pose quindi a studiarlo con tutto l'impegno, e riuscì a discoprire la vera cagione. Egli adunque attribuisce con tutta ragione la salita dell'acqua nei tubi delle pompe alla pressione dell'aria esterna sulla superficie dell'acqua entro la quale è immerso il tubo, tosto che il tubo stesso sia rimasto libero affatto dall'aria che lo riempiva, a mezzo del giuoco meccanico delle valvole e dello stantuffo del quale è munita la pompa aspirante.

Per confermare ed accertarsi co' suoi propri occhi della verità di questo principio, immaginò di fare un'esperienza, la quale divenne l'origine della costruzione del *barometro.*

Il fisico romano pensò, che se la pressione dell'aria esterna era veramente la causa *unica* dell'ascensione dell'acqua in un tubo vuotato dall'aria, la pressione di questa poteva far salire anche un altro liquido più denso, e per conseguenza più pesante dell'acqua, ma però a una minore altezza. Essendo il peso specifico del mercurio 14 volte maggiore di quello dell'acqua, *Torricelli* fece la deduzione, che la pressione dell'aria esterna avrebbe potuto far salire il mercurio rinchiuso in un tubo di vetro ad un'altezza 14 volte minore di quella dell'acqua, vale a dire a 28 *pollici*, e non più.

Preso adunque un tubo di vetro della lunghezza di 30 *pollici* ed aperto alle due estremità, lo riempì di mercurio, e chiusolo da una parte con un dito, lo capovolse in un recipiente quasi pieno della stessa materia, come dimostra la *Fig.* 4, levando poscia il dito dal tubo. La sua soddisfazione fu immensa nel vedere che il mercurio contenuto nel tubo era disceso esattamente all'altezza di 28 *pollici*, come già avea predetto, e come lo indicava la sua teoria.

Questa esperienza non lasciava alcun dubbio, nè altro a desiderare. L'ascensione dell'acqua all'altezza di 32 piedi in un tubo vuoto era adunque dovuta unicamente alla pressione dell'aria esterna, e non ad altre cause, essendochè rispetto ad un liquido, l'altezza della colonna mantenuta costante dalla pressione dell'atmosfera, era in *ragione inversa* della *densità* di questo liquido.

Esperienze di Pascal. — L'immortale filosofo francese *Biagio Pascal*, ebbe la gloria e la compiacenza di mettere in piena evidenza il gran fenomeno del peso dell'aria, e di far palese agli occhi di tutti la pressione che l'atmosfera esercita costantemente sulla superficie di qualsiasi liquido, e di spiegare in tal modo innumerevoli fenomeni naturali, de' quali non si era fino allora scoperta la vera cagione.

Essendo Pascal nell'anno 1646 venuto a cognizione della esperienza del Torricelli, la ripetè anch'egli unitamente ad un suo amico per nome *Petit*, intendente delle fortificazioni di Parigi, e dall'esito felice che ottenne, si cominciò a persuadere della verità del principio ammesso dal Torricelli. Ma avendo in seguito variata ed estesa la esperienza, trovò che essa non era tanto esatta per provare veramente il peso dell'aria, per cui si accinse a fare un'esperienza ancor più sicura e decisiva suggeritagli dal proprio ingegno.

« Ho immaginato, scriveva Pascal, il 15 novembre 1647, a » suo cognato *Perièr*, un'esperienza che potrà essere sufficiente » io spero, a trovare quanto si ricerca se potrò eseguirla esat» tamente. Trattasi di esperimentare, se la colonna del mercu» rio contenuto in un tubo di vetro, si manterrà alla mede» sima altezza tanto al piano, quanto sulla sommità di una » montagna elevata sul livello del mare per lo meno 500 *tese*. » Voi vedete che tale esperienza sarà vitale e decisiva nella » questione, perchè se troverò delle differenze nell'altezza della » colonna del mercurio, secondo le diverse altezze in cui sarà » portato l'apparecchio, in allora potrò stabilire con fonda» mento e con tutta sicurezza, che l'unico motivo della so» spensione del mercurio è la *pressione dell' atmosfera*, e non » già il chimerico e favoloso *orrore* che ha la natura pel » *vuoto.* »

Il *Puy de Dòme*, ch'è una montagna situata a breve distanza da Clermont nell'Alvergna, e alta più che 500 tese sopra il livello del mare, fu scelta da Pascal per conoscere la presunta differenza, relativamente all'altezza della colonna di mercurio rinchiuso nel tubo preparato per l'esperimento.

Questo importantissimo esperimento venne eseguito il giorno 20 settembre 1648 da *Perier*, e diede i risultamenti preveduti dal gran genio di Pascal. Al piano, cioè alle falde di questa

montagna, il mercurio contenuto nel tubo del Torricelli, venne misurato, e trovato all'altezza di 26 *pollici e tre linee e mezza*; trasportato l'apparecchio sulla sommità del monte il mercurio era disceso ai 23 *pollici e 2 linee*, per cui risultò la differenza non picciola di 3 *pollici ed una linea e mezza.*

Questo magnifico esperimento fu ripetuto ben tosto a Parigi dallo stesso *Pascal*, che avea misurato l'altezza del mercurio contenuto nel tubo del *Torricelli*, tanto al pian terreno, quanto sulla sommità della torre di *S. Giacomo la Boucherie*, che a quel tempo era alta 25 tese, e trovò la differenza di più di *due linee* fra queste due misure. In memoria di questa esperienza scientifica, la città di Parigi innalzò nell'anno 1856, a dir il vero un pò tardi, una statua all'immortale Pascal, la quale fu collocata sopra la suindicata torre lungo la strada ora di *Rivoli*.

Le ripetute esperienze del Pascal stabilirono così con evidenza il fatto della pressione dell'aria, e spiegarono molti fenomeni naturali fino allora sconosciuti, come sarebbe a dire, la salita dell'acqua ne' tubi delle pompe, il giuoco del sifone, quello del soffietto, quello della siringa e simili.

Il *tubo Torricelli*, che servì a Pascal per le sue esperienze, non venne mai alterato nè modificato da alcuno, e servì sempre come mezzo per misurare la pressione dell'aria atmosferica. Lo stromento che porta in oggi il nome di *Barometro*, non differisce riguardo al suo principio ed all'uso che presta da quello inventato dal Torricelli ed usato dal Pascal.

Costruzione del barometro. — Questo istromento è di due specie: il barometro a *bacinella*, e quello a *sifone* ch'è di uso più comodo, e più facile a trasportarsi da un luogo all'altro.

Barometro a bacinella. — Prendesi un tubo di vetro sottile lungo 80 *centimetri*, e del diametro interno da' 5 a' 6 millimetri, chiuso ad una delle sue estremità. Questo tubo si riempie a metà di mercurio, e si appoggia sopra una graticola inclinata approntando sotto di essa il fuoco acciocchè abbia a bollire, e scacciare da esso qualche bolla di aria che potesse contenere, e qualsiasi residuo di umidità. Raffreddato che sia il mercurio, si finisce di riempire il tubo, e si sovrappone al fuoco soltanto la parte del tubo posteriormente riempiuta,

onde sprigionare egualmente anche da questa metà l'aria che contenesse il mercurio aggiunto, e l'umidità che potesse essere aderente alle pareti interne del tubo stesso, il quale, riempiuto che sia, tosto si capovolge con destrezza e s'immerge in una bacinella piena di mercurio bene asciutta e libera da ogni traccia di aria e di umidità.

La colonna del mercurio si abbassa fino alla media altezza di 76 *centimetri*, e lo spazio che rimane fra la superficie del mercurio e l'estremità superiore del tubo, può considerarsi affatto vuota, essendo già sprigionata l'aria. Questo spazio assume il nome di *vuoto barometrico.*

L'apparecchio si assicura ad una tavoletta di legno alta poco più del tubo, e larga poco più della bacinella, sulla qual tavoletta è segnata una scala divisa in *millimetri*, destinata a indicare esattamente l'altezza della colonna liquida al disopra del livello del mercurio contenuto nella bacinella. Quest'altezza la quale rappresenta e misura la vera pressione esercitata dall'aria atmosferica, varia secondo la maggiore o minore elasticità dell'aria, e secondo la posizione del paese dove si trova il barometro ordinariamente di 76 centimetri, rappresentata rispetto al livello del mare.

Barometro a sifone. — Le indicazioni del Barometro *a bacinella* non riescono molto esatte quando questo istrumento ha la forma che abbiamo descritta, e rappresentata colla *Fig.* 4.

E diffatti, per l'aumento della pressione dell'aria il mercurio s'innalza nel tubo, e si abbassa nella bacinella, per cui il punto di partenza della scala misuratrice non è più esatto, essendo al di sopra dell'altezza ch'egli dovrebbe occupare. Onde rimediare a questo inconveniente, Pascal immaginò di dare al Barometro la forma detta *a sifone* (Vedi *Fig.* 5.)

Questo è formato di un tubo di vetro sottile ricurvo a due bracci ineguali; il più corto è aperto alla sua estremità, e riceve quindi la pressione dell'aria, il più lungo è chiuso, ed è alto circa 80 centimetri.

Per ben comprendere il motivo per cui venne data questa forma al barometro, conviene ricordarsi il principio fisico, ch'essendo posti due fluidi diversi per densità in due vasi comu-

nicanti fra loro la rispettiva altezza del livello è sempre in ragione inversa dalla densità del fluido.

Il tubo *b*, *a*, *c*, può considerarsi come un vaso contenente due fluidi diversi, cioè il mercurio nel braccio più lungo, e nel minore l'aria atmosferica, vale a dire una colonna d'aria avente per base la superficie *b*, e per altezza quella dell'atmosfera incalcolabile. Quando la pressione dell'aria varierà, l'altezza della colonna del mercurio varierà egualmente, e farà conoscere la misura della pressione atmosferica. Nel barometro *a sifone*, la scala applicata di contro al tubo di vetro, non indica *direttamente* la pressione dell'aria; conviene prendere l'altezza *m c* della colonna di mercurio nel braccio più lungo, e l'altezza *m b*, nel braccio più corto, e sottrarre quest'ultima quantità dalla prima; la differenza de' due numeri rappresenta la pressione dell'aria calcolata in millimetri.

Barometro a quadrante. — Questo è un barometro a sifone, disposto in maniera da rappresentare con una freccia mobile sopra un quadrante graduato, i movimenti del mercurio che variano colla pressione atmosferica. Sulla superficie del mercurio contenuto nel braccio più corto galleggia un leggerissimo cilindro di ferro, vuoto al di dentro, attaccato ad un filo, il quale si ripiega sopra una girella di ottone e porta all'altra estremità un peso che tiene in equilibrio il cilindro, acciocchè non abbia a gravitare minimamente sulla superficie del mercurio. A seconda che il mercurio si alza o si abbassa, la rotella gira intorno al proprio asse in un senso o nell'altro, e con essa muovesi la freccia infissa alla medesima, percorrendo la circonferenza del quadrante graduato. I due bracci del barometro e la girella, sono nascosti dalla tavoletta bislunga che porta tutto l'apparecchio, il quale si vede per di dietro, rappresentato dalla *Fig.* 6.

Il barometro a quadrante venne immaginato dal fisico inglese Roberto Hoock dopo la metà del secolo XVII.

Si ammette generalmente che quando è tempo asciutto la colonna del mercurio s'innalza, e quando è pioggia o tempo umido si abbassa. Queste volgari indicazioni si trovano scritte sulla tabella graduata de' barometri che si vendono ad uso delle famiglie. Tali indicazioni sono vere perchè quando l'aria è umida ne diminuisce la densità, essendochè il vapore del-

l'acqua è più leggiero dell'aria (*), e per conseguenza esercita meno pressione sulla superficie del mercurio contenuto nel braccio più corto del barometro, per cui la colonna del liquido ch'è nel braccio più lungo si abbassa. Ma siccome tante altre influenze, e soprattutto i venti fanno variare l'altezza della colonna barometrica, queste indicazioni riescono ... sovente fallaci.

Uso scientifico del barometro. — Sarebbe un errore il credere, che l'uso principale, e lo scopo della costruzione di questo istromento fisico, sia quello per conoscere preventivamente le disposizioni e le variazioni del tempo, e il passaggio dal secco all'umido od alla pioggia. Ma ciò non è che una applicazione di poca importanza che si potrebbe dire *domestica* e tutt' altro che scientifica. Il vero uso del barometro è quello di calcolare la pressione ovvero il peso dell'aria, e di conoscere i fenomeni atmosferici che si producono sul nostro globo.

Rendesi anche necessario per non poche esperienze fisiche, e specialmente per misurare i gas.

Il barometro serve anche a misurare l'altezza delle montagne, essendochè a mano a mano che si ascende verso la cima di un monte, diminuisce l'altezza della colonna d'aria che gravita sopra ciascun corpo, e per conseguenza è minore la di lei pressione. Siccome appunto il barometro segna la pressione dell'aria, così si potrà calcolare esattamente e con tutta facilità le principali altezze sopra il livello del mare, senza ricorrere ad altri mezzi che farebbero impiegare un tempo maggiore, riescirebbero più incomodi, e forse mancherebbero di precisione.

Importantissimo poi è l'uso del barometro per l'areonauta, galleggiante sull'aria col suo pallone, onde conoscere a quale altezza egli si trova, e quindi a quale distanza dalla terra per

(*) Noi abbiamo veduto che un litro di aria pesa *un grammo ed un terzo*, e che un litro di vapore di acqua pesa soltanto 81 *centigrammi*; in altri termini: 1,00 rappresenta la densità od il peso specifico dell'aria, e 0,62, la densità od il peso specifico del vapore dell'acqua.

qualche ora da lui abbandonata. Quando il pallone è in marcia verso le celesti regioni, la colonna mercuriale si abbassa, quando ritorna verso terra s' innalza; l' areonauta quindi osservando la scala graduata del barometro si può accertare senz' alcun dubbio in qual senso si muova il suo pallone nell' aria.

CAPITOLO XII.

IL TERMOMETRO.

Storia. — Il termometro, o l'istrumento che serve a misurare il calore, è di moderna invenzione, perchè il principio sul quale si appoggia la sua costruzione, e il suo uso appartiene alla fisica *pura*, ignorata completamente dagli antichi. Al principio del secolo XVII venne inventato questo istrumento dallo scienziato olandese Cornelio Drebbel, del quale se ne servì la prima volta per alcune esperienze nell'anno 1621. Ma l'apparecchio di Drebbel era molto imperfetto, e poteva considerarsi una indicazione, un abbozzo, piuttosto che un vero termometro. Esso consisteva in un picciolo tubo di vetro, chiuso alla estremità superiore, contenendo soltanto dell'aria, e l'altra estremità ch'era aperta, veniva introdotta in un picciolo serbatoio di vetro di forma sferica, pieno di mercurio. Secondo le variazioni della temperatura dell'aria questo liquido s'innalzava o si abbassava nell'interno del tubo, il quale era appoggiato ad una tavoletta quadrata. Le indicazioni del termometro di Drebbel non avevano alcun che di scientifico, perchè la graduazione della scala applicata ad esso era del tutto arbitraria, e non appoggiata ad alcun principio della scienza.

L'accademia del Cimento perfeziona il termometro di Drebbel. — Nel secolo XVII esisteva a Firenze un'associazione scientifica, composta dei più celebri fisici di quel tempo, che intitolavasi l'*Accademia del Cimento*, una delle

prime associazioni di scienziati sorte in Europa. Verso la metà del secolo XVII, alcuni membri della suddetta accademia perfezionarono lo strumento ideato dal Drebbel. Il serbatoio del liquido entro cui era immerso il tubo venne soppresso, ed il liquido riposto invece in un tubo di vetro chiuso da ogni parte. In tal modo il corpo che, dilatandosi, dovea indicar le variazioni della temperatura, cioè i gradi del caldo e del freddo, non era più l'aria, come nel termometro del Drebbel, ma bensì un *liquido*, e tale sostituzione offriva molti vantaggi.

Il liquido adottato dagli accademici del *Cimento* fu l'*alcool* colorato con un po' di carminio. Per dividere la scala del termometro, venne fissato un punto costante di partenza; questo fu l'altezza alla quale si arrestava il liquido esistente nel tubo, collocato sotterra in una cantina, dove la temperatura è molto bassa. Fatto ciò dividevasi in *cento* parti eguali quella porzione del tubo situato al disopra del punto di partenza, e così pure dividevasi la porzione al disotto.

Adozione de' punti fissi per la graduazione del termometro. — Il termometro dell' Accademia del *Cimento* venne usato da' fisici, fino quasi al termine del secolo XVII, quantunque anche questo fosse molto imperfetto, presentando un vizio essenziale riguardo alla sua *graduazione*, la quale era basata sopra un punto di partenza del tutto incerto ed arbitrario, essendochè la temperatura di una cantina sotterranea varia a seconda della profondità e della località. Da ciò risultava, che i termometri usati da' fisici nei diversi paesi non erano mai uguali fra loro, vale a dire non segnavano da per tutto lo stesso grado, quantunque la temperatura fosse la medesima. Era necessario adunque trovare e adottare un *punto fisso*, fondato sopra un qualche fenomeno naturale de' più comuni, per istabilire la base della scala graduata del termometro. Un professore dell'Università di Padova, per nome *Rinaldini*, dimostrò il primo la necessità di rigettare il punto arbitrario e variabile nella costruzione de' termometri, e propose di adottare un *punto fisso* per formare una scala graduata sicura, da applicarsi a questo istrumento.

Termometro di Newton. — Rinaldini che avea adottato il principio teorico della necessità del *punto fisso*, non giunse che imperfettamente a porre in pratica la sua idea. Fu il ce-

lebre Newton che nel 1701, costruì il termometro con indicazioni sicure e comparative; dopo quest'epoca tale istrumento si è chiamato *termometro di Newton.*

Questo era un semplice tubo di vetro privo affatto di aria, chiuso alla sua estremità superiore, e terminato dall' altra da un serbatoio sferico, o cilindrico. Il tubo conteneva dell'*olio di lino* che si elevava da sè fino quasi alla metà del tubo stesso. I punti fissi di questo istromento erano pel *maximum*, o termine superiore, il calore o temperatura del corpo umano, ch' è quasi eguale e costante in qualsiasi clima, il cui grado si conosce tenendo per qualche minuto impugnato il termometro per la parte inferiore dov' è il serbatoio del liquido, il quale ascende fino ad un certo punto, essendo dilatato dal calorico ch' esce dalla mano. Riguardo poi al termine inferiore, il punto determinato era quello, quando l'olio si condensava, immergendo lo stromento nella *neve*. Dividevasi in *dodici* parti eguali lo spazio contenuto fra questi due punti fissi, e poscia continuavasi a segnare sulla scala i medesimi gradi o divisioni tanto al disopra, quanto al disotto di questi due punti fissi.

Termometro di Amontons. — Guglielmo Amontons, abile fisico francese del secolo XVII, e che fu membro dell' antica accademia delle scienze fondata in Parigi dal celebre *Colbert*, propose di sostituire l'*aria* all' olio contenuto nel termometro di *Newton* e in tal modo egli ritornava alla prima idea di *Cornelio Drebbel.* Amontons stabilì come *punto fisso*, qual termine superiore del suo istrumento, la temperatura dell' *acqua bollente*, da esso lui riconosciuto pel primo, qual termine assolutamente costante.

Il termometro *a gaz* di Amontons rese grandi servigi alla fisica. Ma siccome i gaz in generale vengono assai dilatati dal calorico, i gradi segnati sulla scala di tale stromento, occupavano uno spazio considerevole, il che obbligava a dare all' apparecchio una lunghezza incomoda. Inoltre il punto fisso inferiore non aveva la costanza voluta dalla precisione per le indicazioni comparative: era il medesimo termine addottato da Newton, cioè il grado di freddo proprio della *neve*, ma siccome la temperatura della neve non è sempre eguale, e può variare a seconda delle condizioni atmosferiche, questo punto di partenza mancava di esattezza.

Termometro di Fahrenheit. — Gabriele Fahrenheit, costruttore d'istromenti fisici, nativo di Danzica, modificò il termometro di Newton sostituendo il *mercurio* all'olio di lino, e adottando per punto fisso superiore la temperatura dell'*acqua bollente*, come avea stabilito Guglielmo Amontons. Fu nell' anno 1714 che Fahrenheit costruì i suoi termometri. Dapprima contenevano *alcool colorato*, ma poscia sostituì il mercurio, essendo più uniforme nella sua dilatazione, e perchè non bolle che a una temperatura molto elevata, il che permetteva di utilizzarlo anche nelle temperature più alte.

Il termometro di Fahrenheit consisteva dunque in un tubo sottilissimo di vetro chiuso all' estremità superiore, e terminato al basso da un globetto contenente del mercurio, immerso che fosse il tubo nell'acqua bollente, e il termine inferiore, il punto al quale si arrestava il mercurio stesso, quando si lasciava immerso per qualche tempo in un miscuglio composto di neve e di sale ammoniaco in certe proporzioni, che l'inventore non volle mai far palesi. L'intervallo fra questi due punti fissi era diviso in 212 parti eguali, che rappresentavano i gradi del termometro di Fahrenheit, il quale usasi anche al presente in Germania e in Inghilterra.

Termometro di Reaumur. — Riuscendo difficile ai fisici posteriori al Fahrenheit, di trovare il punto fisso inferiore, ovvero lo *zero* del termometro, perchè il Fahrenheit era morto portando seco il suo segreto rispetto alla proporzione della *neve* e del *sale ammoniaco*, onde preparare il miscuglio che dovea servire per far discendere il mercurio al minimo grado, il fisico francese Reaumur, membro dell' Accademia reale di scienze a Parigi, propose nell' anno 1730 di adottare per punto fisso inferiore o pel *zero* del termometro, il *ghiaccio* disciolto, ritenendo fermo il punto fisso superiore segnato dall'acqua bollente, come Amontons e Fahrenheit, e di dividere in 80 parti eguali lo spazio compreso fra questi due punti. Dall'anno 1750 in poi, il termometro di Reaumur divenne in Francia di uso generale.

Termometro centigrado. — Un fisico di Upsal nella Svezia, per nome Celsio, fu quello che propose nel 1741 di dividere in *cento parti eguali* la scala del termometro di Reaumur invece che in ottanta. Questo istromento però viene poco

usato, e non fu soggetto ad alcuna modificazione dal momento della sua costruzione.

Maniera di costruire i termometri a mercurio, o ad alcool. — Prendasi un tubo di vetro sottilissimo, di un diametro quasi capillare, chiuso da una sola parte. Conviene prima assicurarsi se il canale interno sia uniforme e dello stesso diametro in ogni punto, acciocchè gli spazii corrispondenti ai gradi segnati sulla scala applicata al tubo, abbiano a contenere eguali volumi di mercurio. Fatta questa ricognizione, si avvicina il tubo dalla parte chiusa, alla fiamma di una lampada che usasi dai lavoratori di smalti, e si riscalda fino a che il vetro si ammollisca e possa permettere al fabbricatore di conformare a *globetto* la estremità chiusa del tubo, dapprima cilindrica, oppure di attaccare al tubo, che in tal caso dev' essere aperto da ambe le parti, un breve tronco di. *cilindro vitreo*, avente un diametro maggiore di quello del tubo stesso. Questi due tubi termometrici colla estremità inferiore a *globetto* od a *cilindro* sono rappresentati ambidue dalla *fig.* 1.

Trattasi ora d' introdurre nel tubo il liquido qualunque siasi *mercurio* od *alcool.* Questa operazione presenta alcune difficoltà, perchè atteso il diametro *capillare* del medesimo, nè si può versare il liquido direttamente in esso a mezzo di un imbuto, nè si può nell' atto che si introduce il liquido, scacciare l' aria che trovasi dentro il tubo, ed ecco in qual modo si opera.

Si riscalda sopra la fiamma di una lampada a spirito di vino il serbatoio del liquido; l' aria in esso contenuta dilatandosi per l' azione del calore, sfugge in parte fuori pel tubo, non rimanendo in esso che una piccolissima quantità di aria rarefatta, e per conseguenza di una pressione quasi nulla. S' immerge tosto l' estremità aperta del tubo nel mercurio preparato in una bacinella di vetro come viene rappresentato dalla *fig.* 2. Non potendo quella piccola porzione di aria rarefatta rimasta nel tubo opporre alcuna resistenza, il mercurio, la cui superficie si trova sotto la pressione dell' aria, corre spontaneo ad occupare l' interno del tubo, il quale si capovolge perchè passi nel serbatoio aderente al tubo medesimo la porzione di mercurio assorbita dal tubo. Fatto ciò, si fa bollire il mercurio che

occupa ormai una parte del serbatoio, sovrapponendo questo sulla fiamma di una lampada a spirito di vino. I vapori del mercurio che sviluppansi dalla bollitura, scacciano affatto qualsiasi minima quantità di aria che fosse rimasta nel termometro, e prendono il posto di essa. Immergendo di nuovo, sul momento, l'estremità aperta del tubo nella bacinella del mercurio, essendo già i vapori del mercurio condensati atteso il suo raffreddamento, il tubo rimane affatto *vuoto*, per cui la pressione dell' aria esterna fa innalzare immediatamente e spinge il liquido entro al termometro fino a che sia totalmente riempiuto.

Ora trattasi di chiudere il tubo senza lasciarvi la minima traccia di aria, poichè la presenza di una sola bolla cagionerebbe il movimento del mercurio. Per ottener ciò, si riscalda sopra la fiamma di una lampada ad alcool il serbatoio dello stromento; il calore fa dilatare il mercurio in modo che trabocca fuori del tubo. Colla più possibile sollecitudine, fino che il mercurio è caldo, dirigesi verso la estremità del tubo stesso un dardo fiammifero, simile a quello di cui si servono gli *orefici* ed i *perlai*, il quale attesa la sua forza, rende molle fino alla liquefazione il vetro, e rimovendo la fiamma chiudesi l'orifizio del tubo, atteso l'istantaneo di lui raffreddamento. Raffreddato completamente il termometro, e ridotto per conseguenza il mercurio al suo volume naturale, occupa tutto il serbatoio, arriva circa alla metà del tubo, per cui resta ancora uno spazio sufficiente per segnare i gradi sopra la scala che viene applicata al tubo tanto al disopra, quanto al disotto dello *zero*.

Graduazione del termometro ovvero stabilimento dei punti fissi. — Riguardo al termometro costruito come lo indica la *fig.* 1, il punto fisso inferiore viene determinato dal *ghiaccio liquefatto*

S' immerge il tubo fino a metà della sua lunghezza in un recipiente pieno di ghiaccio ridotto in minuzzoli, come vedesi alla *fig.* 3. Passato un quarto d' ora, si segna colla punta di un diametro sull' esterno del tubo, il punto fisso cui è disceso il mercurio, e questo sarà il così detto *zero* del termometro.

Il punto fisso superiore si ottiene introducendo il termometro fino quasi all' estremità superiore, in una picciola stuffa a vapore rappresentata dalla *fig.* 4. La parte inferiore di questa

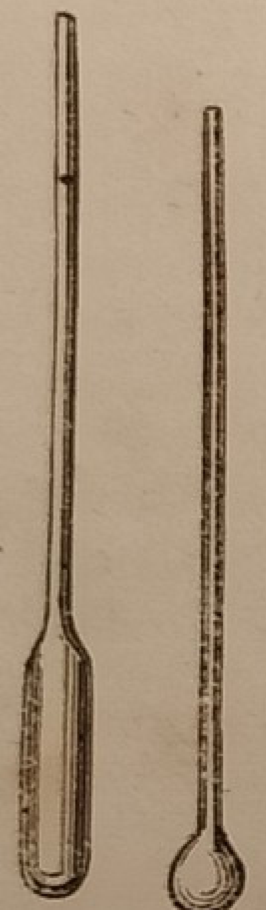


Fig. 1.

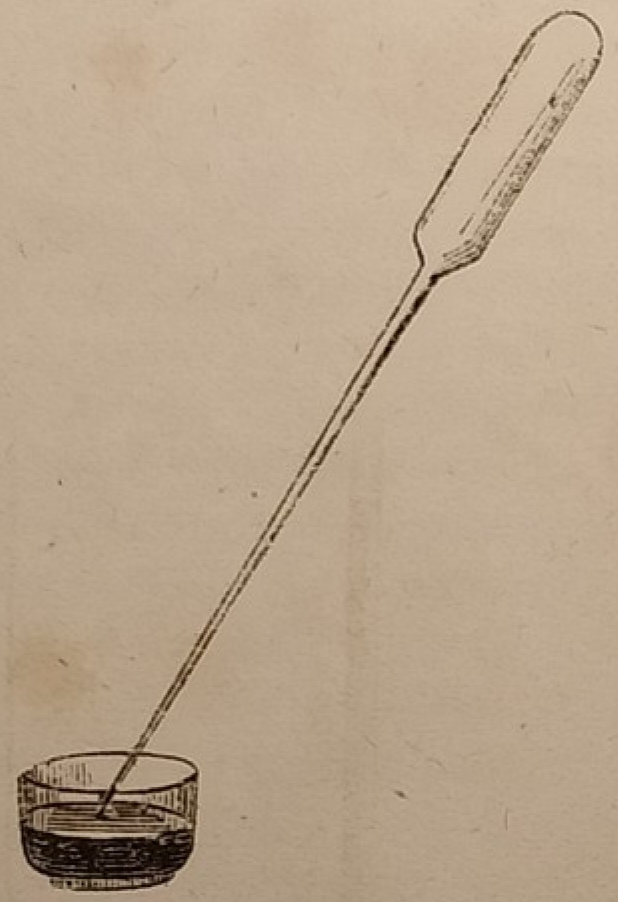


Fig. 2.

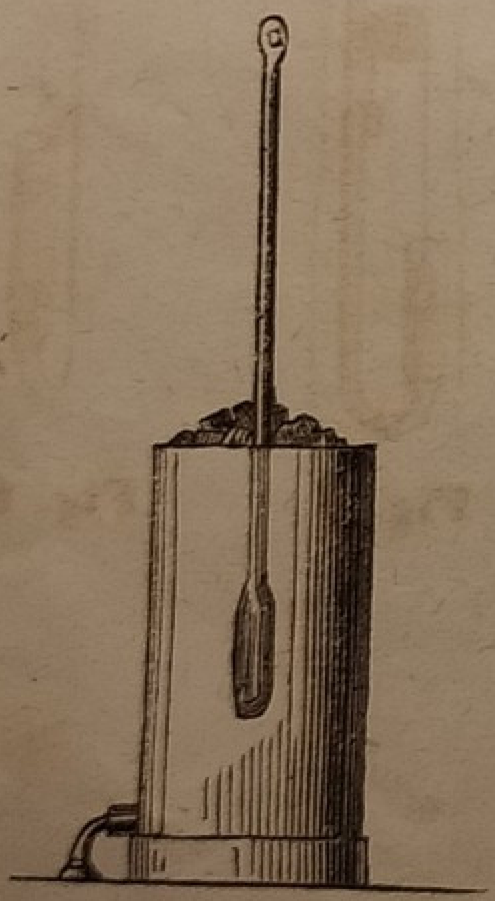


Fig. 3.

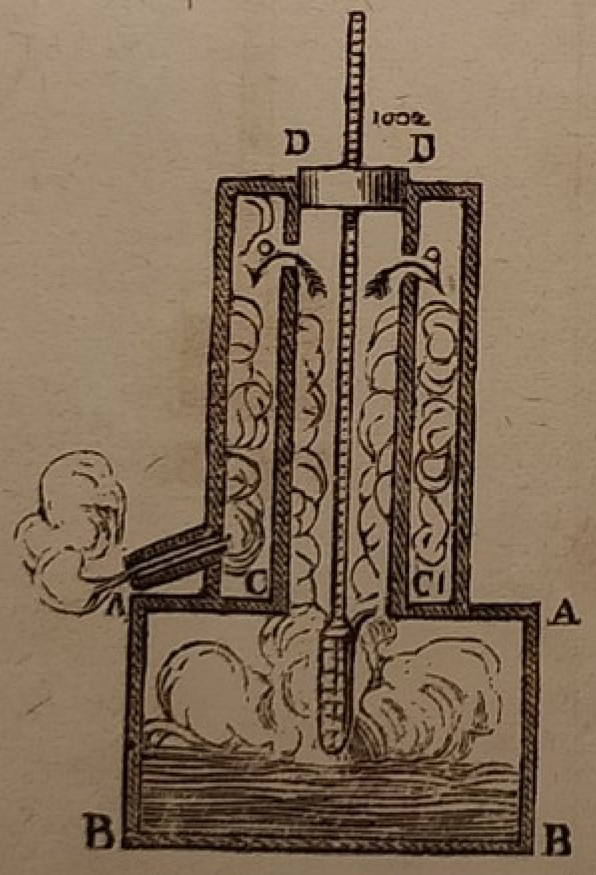


Fig. 4.

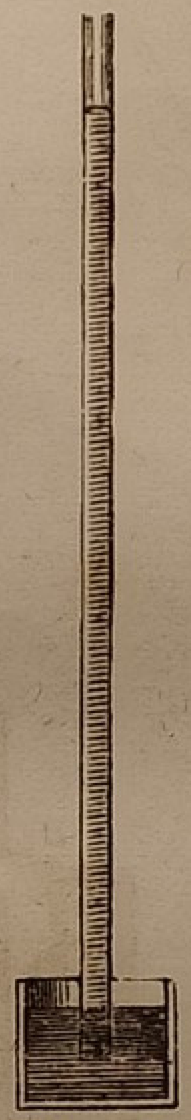


Fig. 5.

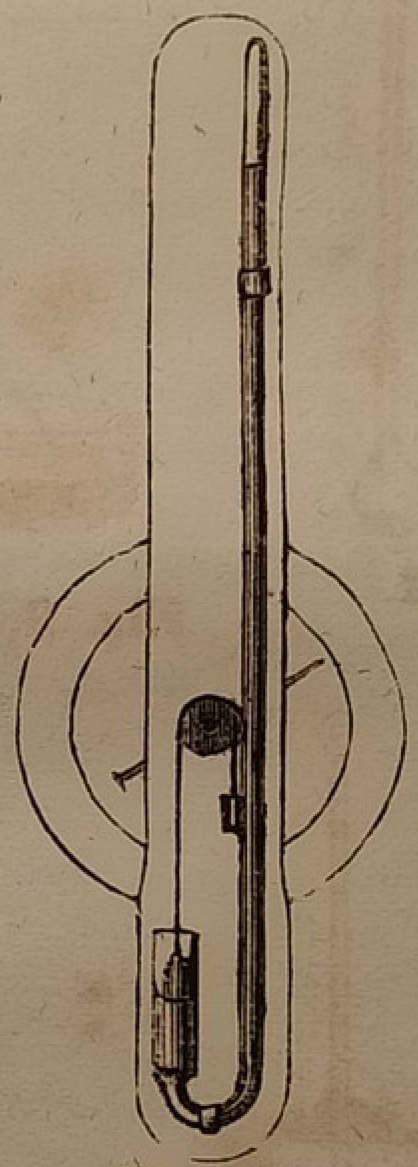


Fig. 7.

Fig. 6.

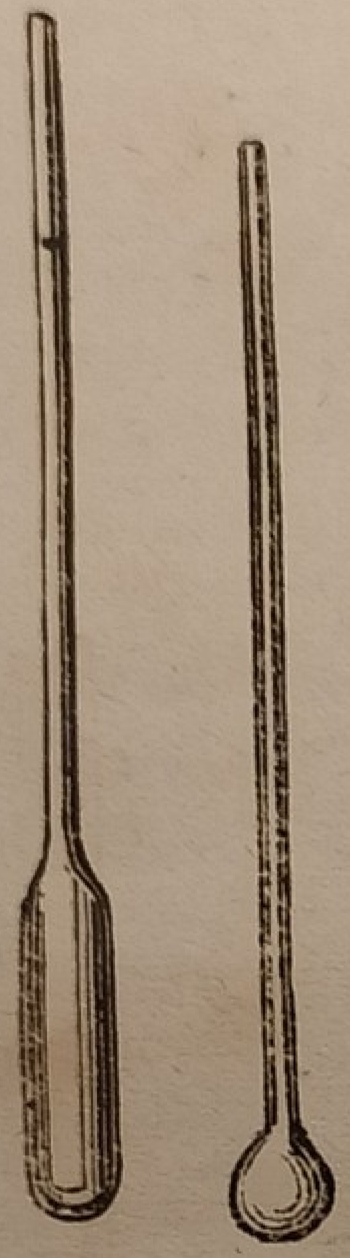


Fig. 1.

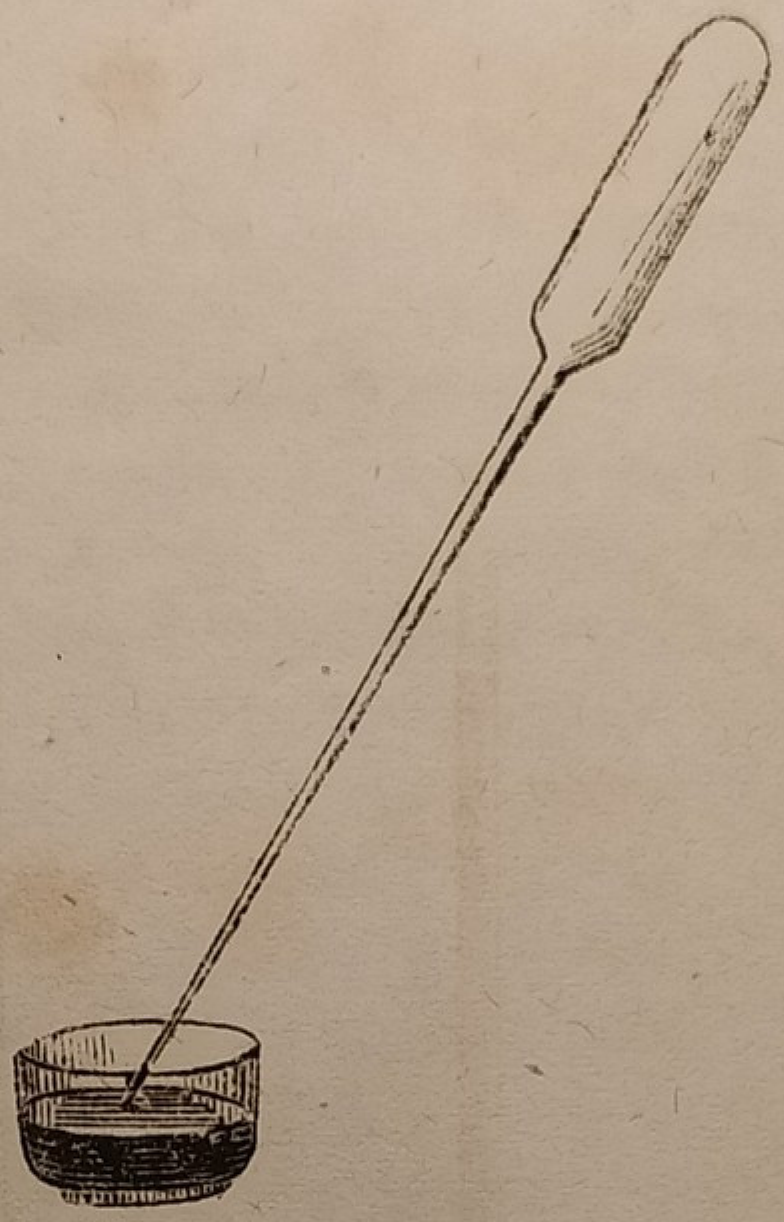


Fig. 2.

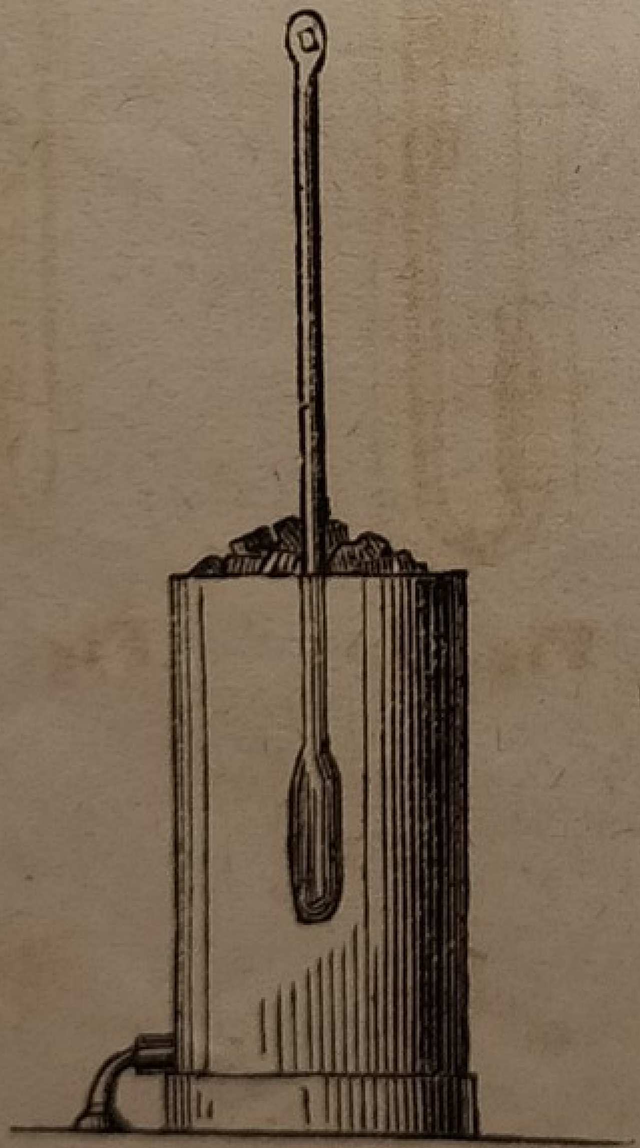


Fig. 3.

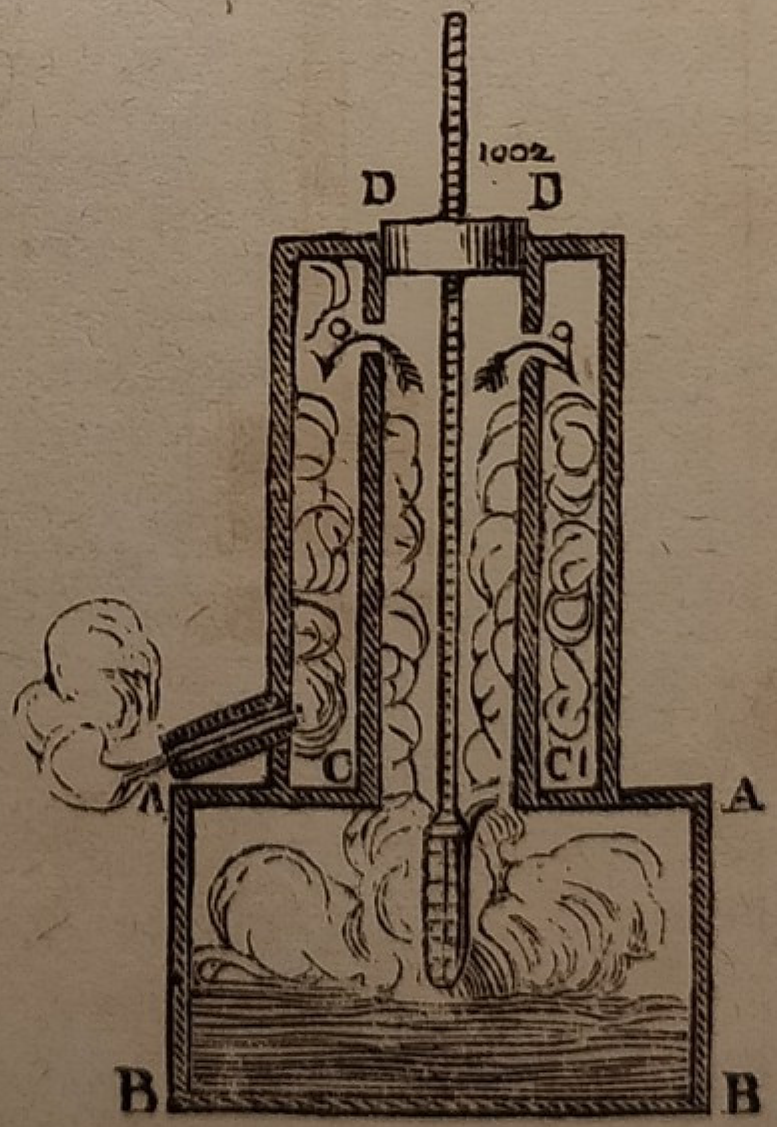


Fig. 4.

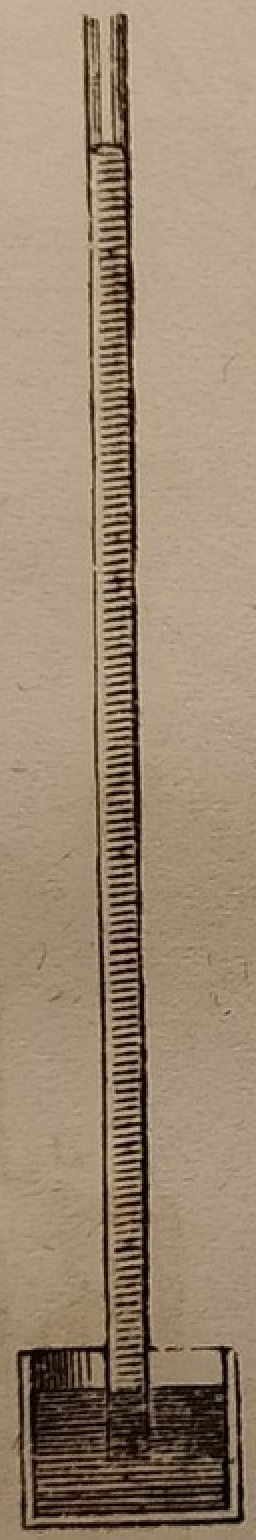


Fig. 5.

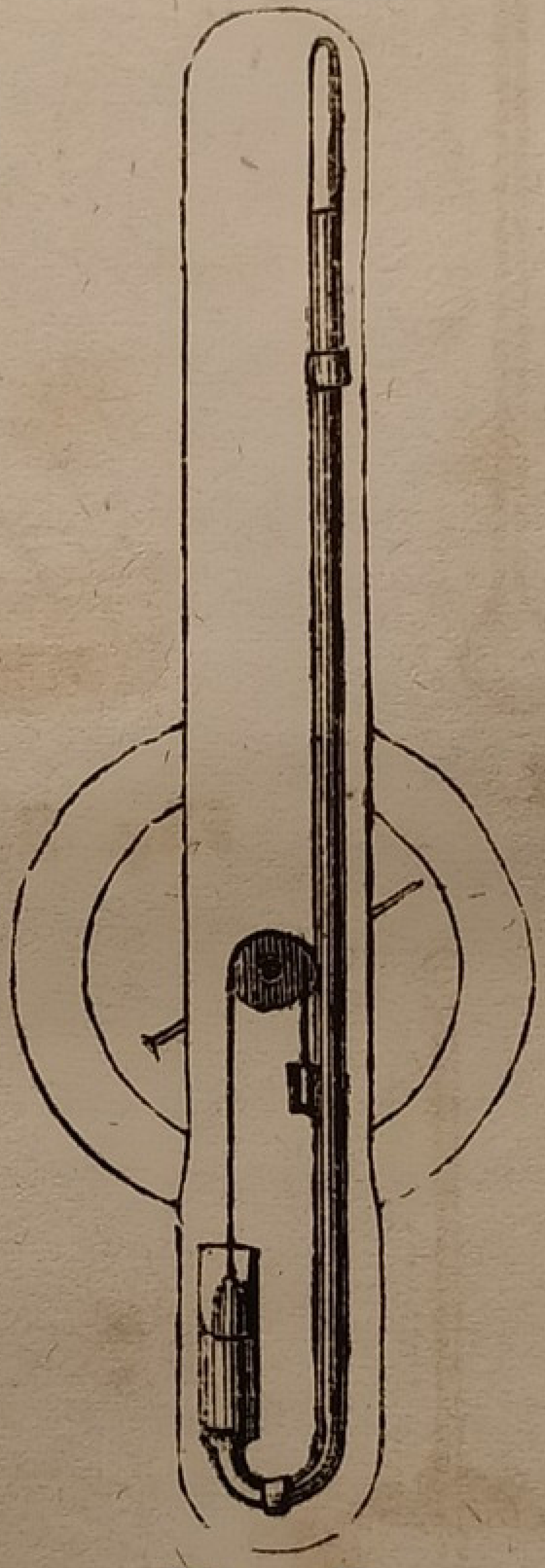


Fig. 7.

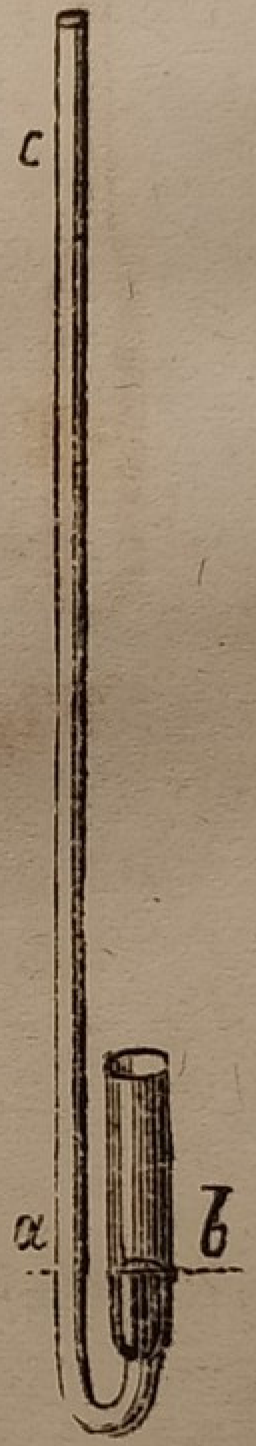


Fig. 6.

stuffa *AA*, *BB*, è ripiena di acqua, la quale si fa bollire ponendo la stuffa sopra un fornello acceso; il vapore che sprigionasi dall'acqua bollente passa pel tubo metallico *CC*, *DD*, entro il quale trovasi il termometro. In *dieci minuti* allo incirca il mercurio si troverà innalzato e fermato ad una certa altezza, il qual punto segnato col diamante indicherà il *maximum* dell'altezza della colonna mercuriale, e sarà il *centesimo*, o l'*ottantesimo* grado della scala termometrica secondo la divisione che si vorrà dare alla medesima, vale a dire secondo il numero de' gradi in cui si vorrà dividere lo spazio fra lo *zero*, ed il *punto fisso superiore*.

Divisione del termometro. — L'ultima operazione consiste nel dividere in *ottanta* od in *cento* parti eguali lo spazio compreso fra i due punti fissi che ora abbiamo indicati. Talvolta (e questo sarebbe il processo più esatto), si eseguiscono queste divisioni sopra lo esterno del tubo medesimo colla punta di un diamante. I termometri de' quali si fa uso nei laboratoi di fisica e di chimica, hanno i gradi segnati sul tubo stesso. Ma nei termometri per uso puramente domestico, che si appendono alle pareti delle private abitazioni, il tubo si fissa ad una tavoletta di legno, di metallo, o di porcellana, sulla quale vengono poi segnati i gradi parte al disopra dello zero, i quali sono *ottanta*, o *cento*, secondo la volontà, od il capriccio del fabbricatore, essendo già l'effetto il medesimo.

Termometro ad alcool. — Questo termometro si costruisce come il termometro a mercurio, ma riguardo alla divisione dei gradi devesi procedere diversamente. E diffatti, l'alcool non ha la proprietà come il mercurio, di dilatarsi uniformemente fra lo *zero* ed i *cento gradi*, vale a dire di accrescere il proprio volume in proporzione al calore che riceve. La irregolarità della dilatazione dell'alcool obbliga il fabbricatore a servirsi di un termometro a mercurio, per segnare sul tubo del termometro in costruzione, un certo numero di punti, corrispondente a varie temperature distanti le une dalle altre da 8 a 10 gradi. Suddividonsi poscia in parti eguali i varii spazii fra i punti segnati sul tubo col soccorso del termometro a mercurio.

Da ciò puossi conoscere, che il termometro ad *alcool* deve dare delle indicazioni meno esatte di quelle date da un termo-

metro a *mercurio*. Egli è adunque necessario di servirsi di quest'ultimo istromento, per ottenere con esattezza il vero grado della temperatura de' varii corpi. Il termometro ad alcool si presta però meglio di quello a mercurio quando trattasi di misurare una temperatura assai bassa. E infatti il mercurio gela a 39 centigradi al disotto dello zero, mentre l'alcool non gela mai; il termometro ad alcool è adunque l'*unico*, del quale ci dobbiamo servire per calcolare le temperature inferiori a *zero*.

Termometro ad aria e termometro metallico. — Questi si costruiscono servendosi de' *gas* ed anche di *corpi solidi*, i quali vengono usati egualmente da' fisici per alcuni esperimenti. Il termometro *ad aria* è di frequente usato; il termometro *metallico* poi è impiegato assai di rado.

Noi abbiamo voluto ricordare l'esistenza di questi due termometri, perchè furono inventati ed esperimentati da' nostri fisici contemporanei.

CAPITOLO XIII.

LE MACCHINE A VAPORE

Tutt'i nostri giovani lettori sono stati testimoni degli effetti straordinarii del vapore impiegato come forza motrice, e, senza dubbio, ciascuno di essi ha desiderato conoscere in qual modo esso agisca. Quando si entra in una officina meccanica, e osservasi che un solo motore è quello che distribuisce la forza ed il movimento nei diversi locali dell'officina, sollevando pesi enormi, e trionfando di qualsiasi resistenza; quando trovandosi a bordo di un battello a vapore si veggono le ruote di questo battello, aggirandosi intorno al proprio asse colla massima rapidità, fendere con forza le acque de' fiumi, o i flutti del mare facendo avanzare il battello senza il soccorso delle vele e spingendolo anzi contro le correnti dell'acqua, e l'impeto de' venti contrarii; quando si osserva una locomotiva percorrere i raili di una ferrovia, lanciando a torrenti, e fumo e vapore, trascinare dietro di sè, come per trastullo, lunghi convogli costituiti da un immenso numero di vagoni e di carri; quando si vede in fine le innumerevoli applicazioni delle macchine a vapore, divenuto ormai l'agente indispensabile, e come l'anima della moderna industria, oltre il sentimento naturale della riconoscenza verso l'Ente supremo che ispirò l'uomo nella scoperta della potenza del vapore, nasce in noi l'ardente desiderio di conoscere esattamente il meccanismo onde si compiono tutte queste meraviglie. Noi adunque ci proveremo a soddisfare tal desiderio, esponendo i principii, le re-

gole e i fatti su' quali si appoggia l'impiego meccanico del vapore, nella serie infinitamente svariata delle sue applicazioni, ricordando non solo gl'inventori delle macchine a vapore, ma eziandio quegli uomini di genio, i quali successivamente co' loro profondi studii, e colle loro esperienze, hanno perfezionato questa inapprezzabile e maravigliosa scoperta, che apporta immensi vantaggi al mondo sociale.

Principio generale dell'azione meccanica del vapore. — Macchina a vapore a condensazione e senza. — L'uso generale del vapore dell'acqua come forza meccanica, si appoggia sopra un principio semplice e facile a comprendersi. I gas e i vapori, quando si tengono chiusi in qualsiasi recipiente, spingono fortemente contro le pareti di esso. Al pari de'vapori di tutt'i liquidi, anche quello dell'acqua quando trovasi rinchiuso è dotato di un'enorme forza di pressione. Se si fa bollire dell'acqua in una marmitta chiusa al disopra dal coperchio, dopo alcuui minuti di bollitura, il vapore dell'acqua che si sviluppa da essa, e che occupa lo spazio fra la superficie del liquido e il coperchio, arrivato a quel tal volume, solleva il coperchio e sen fugge.

Se versasi una piccola quantità di acqua in una palla di ferro vuota al di dentro, e si chiuda l'orifizio di essa con un forte turracciolo metallico a vite, e si collochi in mezzo al fuoco, il vapore che sviluppasi entro la palla dalla bollitura dell'acqua non trovando alcuna uscita, spezza la palla, e slancia violentemente di lontano le scheggie, con una rimbombante e pericolosa esplosione.

Questi fatti già noti a ciascuno stabiliscono sufficientemente la grande potenza meccanica di cui è dotato il vapore chiuso in qualsiasi recipiente. Egli è adunque evidente che si può trarre un partito assai utile da questa forza, qualora, senz'attendere il momento in cui essa produce questi effetti di distruzione, la si dirige coll'intelligenza e coll'arte. Vediamo adunque in qual modo si possa trarre un partito utile dalla forza che risiede nel vapore dell'acqua bollente, che si sviluppa nelle caldaie delle macchine *a vapore*.

Se applicasi ad una caldaia piena d'acqua, che si può far bollire collocandola in un fornello *F*, (*Vedi Fig.* 1,) un tubo metallico ricurvo *T*, che dirige e immette il vapore che svi-

luppasi dalla caldaia, in un cilindro metallico vuoto nell' interno *CC*, nel quale vi sia uno stantuffo libero che possa scorrere dal fondo alla cima del cilindro stesso, egli è chiaro, ch' essendo introdotto il vapore a mezzo dell' altro braccio del tubo *R*, nella parte inferiore del cilindro al dissotto dello stantuffo, questo essendo libero, s' innalzerà verso la cima del cilindro spinto dalla pressione del vapore. Se impediscasi allora la intromissione del vapore sotto lo stantuffo e si apra il robinetto *E*, per far uscire il vapore che trovasi già nel cilindro, e che nel medesimo tempo s' introduca del nuovo vapore al disopra dello stantuffo a mezzo dell' altro tubo ricurvo *R*, la pressione del vapore spingerà al basso lo stantuffo non trovando più alcuna resistenza. Rinnovando successivamente questa intromissione alternata di vapore sotto e sopra lo stantuffo, e facendo uscire ogni volta il vapore contenuto nella parte opposta del cilindro, lo stantuffo spinto così alternativamente, sarà obbligato a muoversi di continuo dal basso all' alto e viceversa. Egli è facile ora a comprendere che se l' asta di ferro *P* attaccata alla sua estremità inferiore allo stantuffo, ed infissa all' estremità superiore al manubrio *A* dell' *albero* girevole di un' officina meccanica, l' azione continua del vapore imprimerà senza dubbio all' *albero* un continuo moto di rotazione, il quale potrà a mezzo di correggie e di ruote e di carrucole essere trasmesso ai diversi meccanismi che trovansi ne' varii locali di un' officina.

Molte macchine a vapore sono costruite secondo il principio generale che noi abbiamo esposto, Queste si chiamano macchine ad *alta pressione*. Esse riduconsi a un semplice cilindro metallico, nel quale il vapore entra a riprese per ispingere alternativamente le due faccie opposte di uno stantuffo, scappando fuori ad ogni spinta.

Avvi anche una seconda maniera di giovarsi della forza elastica del vapore. In vece di lasciar uscire il vapore dopo ciascuna oscillazione dello stantuffo come abbiamo or ora veduto, si condensa il vapore nell' interno dell' apparecchio, ed ecco in qual modo tale condensazione si compie, e produce un effetto meccanico.

Se invece di far uscire il vapore da una macchina quando essa è in movimento, si fa entrare a mezzo di un tubo, in

un ampio recipiente raffreddato di continuo da una corrente di acqua, entrando il vapore in questo recipiente si condenserà, passando immediatamente allo stato liquido; in conseguenza di questa condensazione, il cilindro rimarrà vuoto, e lo stantuffo non trovando alcuna resistenza sotto di lui, discenderà verso il fondo del cilindro, spinto dalla pressione del vapore che lo sovrasta. Ripetendo alternativamente questo giuoco si otterrà il continuo movimento dello stantuffo, percorrendo dal basso all'alto, e viceversa l'altezza del cilindro. Questo moto viene trasmesso come all'ordinario all'*albero*, a mezzo dell'asta unita al pistone. Questa seconda specie di macchine si dicono a *condensazione* od a *bassa pressione*.

Classificazione delle macchine a vapore. — Le macchine *a vapore* considerate sotto l'aspetto del servigio che prestano relativamente alla loro applicazione possono distinguersi in quattro classi:

1. Le macchine fisse ad uso delle officine meccaniche, e delle fabbriche manifatturiere.
2. Le macchine di navigazione.
3. Le locomotive.
4. Le locomobili.

Ci faremo ora a descrivere coll'ordine indicato, queste quattro classi di macchine a vapore, non omettendo di riferire la parte storica, rispetto alla loro origine e ai progressivi miglioramenti.

(A) Macchine a vapore fisse.

Storia. — Gli antichi hanno del tutto ignorato che il vapore dell'acqua bollente avesse una forza tale da potersi utilizzare come agente motore. Devesi alla scienza moderna la scoperta di tale proprietà del vapore, e l'applicazione della medesima alla meccanica.

Abbiamo veduto parlando del barometro che, nel secolo XVII, Pascal giunse a scoprire il gran fenomeno del *peso* dell'aria, facendo conoscere ad evidenza, come questo fluido eserciti una pressione costante sopra qualsiasi corpo od oggetto che trovasi sulla superficie del globo terraqueo. Ed è appunto per un'applicazione del principio della pressione dell'aria che s'immaginò la prima macchina *a vapore*.

L'illustre Huyguhens, aveva dapprima immaginato di costruire una macchina motrice, facendo scoppiare della polvere da cannone sotto uno stantuffo scorrevole entro un cilindro; l'aria contenuta in questo cilindro, dilatata dal calore prodotto dalla combustione della polvere, scappava fuori sollevando due valvole applicate all'uopo lateralmente verso la parte superiore del cilindro ed in allora formavasi sotto lo stantuffo dell'aria rarefatta, per cui non avendo questa la forza di sostenere lo stantuffo, di già spinto dalla esplosione della polvere verso la cima del cilindro, doveva cedere alla pressione dell'aria esterna e precipitare al basso. Per conseguenza, se si attaccava a questo stantuffo una catenella, che si ripiegasse sopra una girella metallica, si poteva innalzare de' pesi attaccati all'altra estremità della catena, e produrre in tal modo un effetto *meccanico*. Ciò viene rappresentato dalla *Fig.* 1, copiata da un disegno di quel tempo. In questa figura la lettera *A* rappresenta la piccola bacinella destinata a contenere la polvere; *P* lo stantuffo che dev'essere innalzato dalla espansione de' gas che si sviluppano dalla combustione della polvere; *S S* le due valvole laterali applicate esternamente al cilindro, per le quali l'aria dilatata scappa fuori; *M* il peso innalzato a mezzo della fune o catena ripiegata sulla rotella.

Assoggettato alla pratica questo apparecchio, non diede buoni risultamenti, a cagione della troppo debole rarefazione dell'aria contenuta sotto lo stantuffo. Tale inconveniente suggerì la felice idea di sostituire alla polvere di cannone, il vapore dell'acqua bollente, facendolo entrare nel medesimo cilindro, tra il fondo di questo, e lo stantuffo.

È facile il comprendere che, se nel cilindro *A* rappresentato dalla *Fig.* 2 avente nel suo interno uno stantuffo che vada a combaciare perfettamente colle pareti del medesimo, e si possa muovere liberamente dal basso all'alto e viceversa, s'introduca una corrente di vapore, questo colla sua forza elastica obbligherà lo stantuffo ad ascendere fino alla sommità del cilindro. Ora se con un mezzo qualunque si fa raffreddare le pareti esterne del cilindro, per cui succede tosto la condensazione del vapore ivi contenuto, in allora si formerà il *vuoto* nello spazio tra il fondo del cilindro e lo stantuffo, perchè ivi non è nè *aria*, nè *vapore*, essendochè la prima venne scacciata dal vapore,

e questo scomparve condensandosi, e convertendosi in liquido. Ora venendo compressa dall'aria esterna la faccia superiore dello stantuffo, il quale non è già sostenuto da alcun corpo, perchè sotto di esso esiste ormai il *vuoto*, così deve precipitare sino al fondo del cilindro. Dopo ciò basterà introdurre nuovamente e condensare una massa di vapore nel cilindro *A* per imprimere allo stantuffo che lo percorre un movimento alternativo dal basso all'alto e viceversa; e se un'asta *B* è infissa allo stantuffo, e si ponga in comunicazione coll'*albero* motore di una macchina, si potrà in grazia del moto continuo di quest'asta di ferro, imprimere un moto rotatorio all'*albero* stesso, e produrre così qualsiasi operazione meccanica. L'apparecchio indicato dalla *Fig.* 3, è la prima *macchina a vapore* che sia stata costruita. Essa fu inventata nel 1690 da uno scienziato francese, dall'immortale *Dionisio Papin.*

Biografia di Dionisio Papin. — Nato a Blois, il 22 agosto 1645 e morto verso l'anno 1714, questo celebre uomo ci offre uno de' più tristi esempi del genio, avversato dalla fortuna. Di religione protestante, e fedele alle sue credenze, dovette emigrare nel 1685 quando Luigi XIV revocò l'Editto reale di Nantes, e prima in Inghilterra, poi in Italia, e da ultimo in Germania, in questi paesi realizzò, e fece di pubblica ragione le sue scoperte scientifiche, tra le quali, la *macchina a vapore* occupa il primo seggio.

Nell'anno 1707, Papin avea costruito una macchina a vapore, secondo un sistema diverso da quello di cui abbiamo parlato poc'anzi, e l'avea applicato ad un battello munito di ruote. Egli si era imbarcato a Cassel sul fiume Fulda, ed arrivato a Münden città dell'Annover, per passare di là col suo battello nel fiume Weser, e ritornare in Inghilterra, dove sperava far conoscere, ed esperimentare la sua macchina a vapore. Ma i battellieri del fiume Weser gl'impedirono l'entrata in questo fiume, e in risposta alle giuste lagnanze del Papin commisero la barbarie di fare a pezzi il suo battello. Da questo momento lo disgraziato Papin, il quale aveva impiegati tutti i suoi risparmi nella costruzione della macchina a vapore, e del battello pel quale era stata costruita, senza mezzi e senza asilo, condusse una vita di privazioni, e di rancori, languendo abbandonato da tutti, e nella più desolante miseria. Ritornato a Londra visse

coi tenui soccorsi chiesti e ottenuti in assai ristretta misura dalla *Società reale di Londra*, cui egli apparteneva come membro, e col provento di qualche lavoro di poca importanza, che la Società medesima procuravagli di quando in quando. Ignorasi in qual luogo e in qual anno precisamente sia morto quest'uomo altrettanto illustre che disgraziato, del quale la Francia glorificherà perennemente la memoria.

Newcomen e Cowley. Macchina di Newcomen. — Una macchina a vapore atmosferica eguale a quella ideata da Papin nel 1690, fu costruita e applicata all'industria da due intelligenti meccanici di Darmouth in Inghilterra per nome *Newcomen* e *Cowley*. Nell'anno 1698 Tommaso *Savery* antico operaio delle miniere, divenuto poscia collo studio teorico e pratico un abilissimo ingegnere, era riuscito a costruire una macchina di sua invenzione, che aveva per principio la pressione del vapore dell'acqua bollente, ed avea applicato questa sua macchina all'innalzamento delle acque nelle miniere di carbon fossile. Ma la macchina a vapore costruita dagli artefici Newcomen e Cowley, secondo il sistema e i principii di Papin, avea una tale superiorità sopra quella di Savery, che fece abbandonare affatto l'uso di quest'ultima. Verso la metà del secolo XVIII la macchina di Newcomen era già molto diffusa in Inghilterra. Una macchina gigantesca di questo genere serviva alla distribuzione dell'acqua nella città di Londra, molte altre macchine simili, di varia forza, erano in uso in tutte le miniere d'Inghilterra, per lo scarico delle acque.

La *Figura* col N. 4 rappresenta gli elementi principali della macchina a vapore di Newcomen. *P* è il cilindro nel quale s'innalza lo stantuffo *H*, in forza della pressione del vapore fornito ed inviato dalla caldaia *A*. Quando lo stantuffo è giunto all'apice del suo corso, si fa discendere a mezzo del tubo *D* una corrente di acqua fredda che viene a condensare il vapore nell'interno del cilindro, ed a produrre per conseguenza il vuoto. Dal momento in cui è formato il vuoto, lo stantuffo compresso dall'atmosfera precipita verso il fondo del cilindro. A mezzo della catena *S* attaccata alla faccia superiore dello stantuffo, ed in concorso del peso *E*, puossi produrre uno sforzo meccanico, vale a dire, innalzare delle pesanti some, mettere in azione delle pompe per lo asciugamento delle acque, e

simili, dal che si conosce, che la nuova macchina del Newcomen non è altro che un'applicazione pratica, o per dir meglio, una modificazione dell'apparecchio ideato nel 1690 dal nostro compatriota Dionisio Papin.

Perfezionamento della macchina di Newcomen. — Studii e lavori di Giacomo Watt. — Giacomo Watt, che si è reso tanto celebre per le sue molteplici scoperte intorno alla maniera di servirsi del vapore, non era che un povero operaio meccanico della città di Grevocok in Iscozia. L'innato suo genio per le scienze fisiche e naturali, e la sua perseveranza nel lavoro, lo fecero divenire uno degli uomini più importanti della Gran-Brettagna; le sue scoperte relative alla costruzione delle macchine a vapore arricchirono il suo paese natio, ed il mondo intero.

La prima scoperta di Giacomo Watt ebbe per iscopo il perfezionamento, come abbiam detto, della macchina a vapore di Newcomen, la quale avea un'imperfezione essenziale, ed era il modo di condensazione del vapore, che si provocava con una corrente di acqua fredda iniettata dentro il medesimo cilindro. Quest'acqua raffreddava le pareti del cilindro, e il nuovo vapore che s'intrometteva, trovandosi in uno spazio quasi privo di calorico si condensava in parte, il che produceva una perdita considerevole di calore, e aumentava per conseguenza la spesa del combustibile. L'invenzione del Watt fece risparmiare *tre quarti* di combustibile. Invece di condensare il vapore dentro lo stesso cilindro, egli mette questo in comunicazione con un recipiente separato, a mezzo di un tubo pel quale passando una corrente di acqua fredda, il vapore si condensa in questo recipiente, il quale si dice *condensatore isolato*.

Scoperta della macchina a vapore a doppio effetto. — Nella macchina di Newcomen perfezionata dal Watt, il vapore non agisce che sulla superficie inferiore dello stantuffo, onde produrre la sua oscillazione ascendente. Per un'altra felice ispirazione, Watt creò la macchina a vapore a *doppio effetto*. — In luogo di far agire il vapore solamente sulla faccia inferiore dello stantuffo, egli lo fa agire sopra tutte due le superficie, ottenendo così tutto l'innalzamento, quanto l'abbassamento dello stantuffo, senza dipendere dalla pressione dell'aria esterna,

per cui questa macchina riconosce la sua azione e il suo movimento, soltanto dalla forza elastica del vapore dell'acqua bollente.

Altro perfezionamento della macchina a vapore dello stesso Watt. — Dopo aver costruito la macchina a *doppio effetto*, Watt immaginò e pose in atto molti altri miglioramenti, riferibili alle differenti parti costituenti una macchina a vapore. Senza entrare in minuti particolari, che ci obbligherebbero ad una lunga discussione, ci limiteremo a dire che Giacomo Watt applicò successivamente alla macchina a vapore:

1. Il *paralellogramma articolato*, che serve a trasmettere al bilanciere della macchina le due impulsioni successive, che risultano dall'innalzamento e dall'abbassamento dello stantuffo.

2. Il *manubrio*, che serve a trasformare in movimento *rotatorio*, quello del *và e viene* dello stantuffo;

3. Il *regolatore*, che serve a dirigere, e ad economizzare l'entrata del vapore nell'interno del cilindro, non lasciando entrare in questo, che la sola quantità necessaria al giuoco della macchina.

Dall'insieme di questi perfezionamenti nelle parti essenziali e secondarie delle macchine a vapore, ne viene che Watt può considerarsi quasi il creatore di tutt'i pezzi che costituiscono la macchina a vapore moderna. Avendo ricevuto in tal modo le forme e le disposizioni le più vantaggiose, tanto per l'economia, quanto per l'esercizio pratico, la macchina a vapore così perfezionata dal Watt si diffuse rapidamente in Europa, e ne' primi anni di questo secolo, era ormai divenuta di un uso generale in Europa, ed in America.

Scoperta delle macchine ad alta pressione. — Una scoperta di grande importanza, circa la maniera d'impiegare il vapore, venne fatta al principio del nostro secolo, ed è l'impiego del vapore ad *alta pressione*.

Cosa devesi intendere per queste parole: *vapore ad alta pressione*.

Quando l'acqua bolle, se si fa andare il vapore nel cilindro, esso vi produce una possente azione meccanica. Ma quest'azione meccanica sarà aumentata di molto, se prima di far entrare il vapore nel cilindro, lo si riscalda fortemente trattenendolo a lungo nella caldaia senz'aprire il robinetto che

deve farlo passare nel cilindro. Il vapore così riscaldato acquista una forza considerevole, e la *tensione* di esso (questo è il vero termine tecnico), è altrettanto più forte quanto più tempo si lascia nella caldaia a riscaldarsi prima di esser introdotto nel cilindro.

Un meccanico tedesco, un certo *Leupold*, nel 1725 avea ideato pel primo di usare il vapore ad *alta tensione* nelle macchine a vapore. Ma questa maniera d'impiegare il vapore non persuase, nè fu adottata dal Watt.

La costruzione delle prime macchine ad *alta pressione* appartiene a un americano per nome *Olivo Evans*, prima semplice operaio a Filadelfia, poscia costruttore di apparecchi meccanici nella medesima città.

Nell'anno 1825 i meccanici *Trévithick* e *Vivian* cominciarono a costruire e a diffondere in Inghilterra l'uso delle macchine a vapore ad *alta pressione* secondo il sistema di *Olivo Evans*, le quali incontrarono il pubblico favore.

Perfezionamento della macchina a vapore dopo Watt. — Molti altri perfezionamenti si applicarono ai nostri giorni alle macchine a vapore. Quali nuovi sistemi destinati a sostituire la macchina di Watt, citeremo i seguenti:

1. *Le macchine a due cilindri*, o le macchine di Wolf, che sono molto usate nelle fabbriche francesi di manifatture;
2. *Le macchine a cilindro fisso orizzontale*, che sono al presente in favore nelle nostre officine meccaniche;
3. *Le macchine a cilindro oscillante*, che non davano buoni risultati, e che furono presto abbandonate;
4. *Le macchine rotatorie*, il cui sistema lascia molto a desiderare;
5. *Le macchine a vapore di etere*, nelle quali viene aggiunto l'*etere*, quale ausiliario alla forza del vapore dell'acqua bollente;
6. Finalmente la *macchina ad aria calda*, nella quale si propone di sostituire al vapore una *massa di aria*, alternativamente riscaldata e raffreddata.

Descrizione delle macchine a vapore fisse. — Puossi ridurre a due sistemi le macchine a vapore che usansi nelle nostre fabbriche e sono:

a) Le macchine *senza condensatore*, nelle quali il vapore

si lascia uscire dopo aver esercitato la sua azione sopra le due superficie dello stantuffo;

b) Le macchine *a condensatore*, nelle quali il vapore si raccoglie, facendolo entrare per condensarsi in apposito recipiente, detto *condensatore*.

Niente di più facile a comprendere che il meccanismo delle macchine *senza condensatore*, di sovente indicate sotto il nome di macchine ad *alta pressione*, perchè la pressione trovasi impiegata almeno ad una tensione di *due atmosfere*, la quale può spingersi a *dieci* ed anche a *dodici*.

La *Figura* 5 rappresenta il meccanismo essenziale della macchina a vapore *senza condensatore*.

Il vapore è introdotto nel cilindro sotto lo stantuffo, e lo solleva dal basso all'alto. Quando lo stantuffo è giunto alla sommità del cilindro, apresi una valvola per cui s'introduce il vapore trasmesso dalla caldaia, al disopra dello stantuffo. Contemporaneamente un'altra valvola collocata verso il fondo del cilindro si apre, e lascia uscire il vapore che ha adempiuto il suo uffizio, per cui non trovando lo stantuffo al disotto di esso, che la debolissima resistenza di un'atmosfera, ed avendo invece al disopra una pressione di più atmosfere si precipita al basso e, appena giunto, si fa scaricare a mezzo della valvola il vapore che occupa la parte superiore del cilindro. Nel medesimo istante, una nuova quantità di vapore arriva al disotto dello stantuffo, e lo torna a spingere in alto, non avendo a superare che la pressione di un'atmosfera dell'aria esterna. Facendo adunque arrivare alternativamente sotto e sopra dello stantuffo una tal quantità di vapore, la quale si lascia fuggire appena compiuto il suo uffizio, si viene a produrre un movimento continuo dello stantuffo medesimo, per cui è facile comprendere, che coll'aiuto di particolari congegni si può trasmettere questo movimento rettilineo della spranga dello stantuffo, all'*albero* motore di un'officina meccanica.

Le macchine *senza condensatore* hanno il cilindro collocato orizzontalmente come il dimostra la *Fig*. 6: A, è il cilindro a vapore, T è il tubo che porta fuori dell'officina il vapore che sorte dal cilindro. Per trasmettere all'*albero* motore dell'officina il movimento dell'asta dello stantuffo A, si adatta all'estremità di questa un'articolazione mobilissima, che spinge l'asta Q, la quale

è mobile anch'essa al punto B, e le permette di eseguire un movimento dall'alto al basso. Questo movimento si trasmette in seguito all'asta R D, e fa girare intorno al proprio asse l'*albero* motore, la cui *sezione* si vede al punto D.

La macchina *a condensatore* differisce dalla precedente in questo, che non si lascia uscire il vapore dal cilindro, ma si fa passare invece da questo in una cassa di ferro riempiuta a metà di acqua fredda, dove tosto si condensa.

La *Fig.* 7 rappresenta la macchina a *condensatore*. La lettera *a* indica l'entrata del vapore nel cilindro, che passa successivamente a mezzo del giuoco del *tirante*, sotto e sopra lo statuffo; *c*, il cilindro a vapore; *d*, l'asta del cilindro che mette in movimento il bilanciere *ee*; *g*, è il manubrio del volante *v* che trasmette al medesimo il movimento del bilanciere, e cambia in un moto circolare continuo il movimento alternante del medesimo. L'apparecchio per la condensazione del vapore trovasi nell'interno della cassa metallica che sostiene la macchina; *m*, è il *regolatore a pale*, ovvero a *forza centrifuga*, che regola le singole quantità del vapore introdotte nel cilindro; *l*, l'asta della pompa alimentare che mantiene l'acqua nella caldaia a quel medesimo livello, per sostituire quella che si converte in vapore; *k*, *i*, sono le aste rispettive di due pompe, una delle quali alimenta di acqua fredda il *condensatore*, e l'altra assorbe ed estrae l'acqua riscaldata dal vapore prima di condensarsi.

Noi dobbiamo limitarci a dare un'idea generale di questa macchina, perchè la descrizione particolare de' diversi congegni che servono specialmente a condensare il vapore sulla macchina a *bassa pressione*, esigerebbe una troppo lunga discussione, la quale non sarebbe compatibile colla natura del presente libro, che dev'essere breve e succinto.

Prima però di chiudere l'articolo delle macchine *fisse*, daremo la descrizione della *caldaia*, che serve a produrre il vapore, rappresentata dalla *Fig.* 8.

La lettera G, è il corpo della caldaia principale; H, una delle due piccole caldaie collocate sotto il corpo della caldaia principale. Le due caldaie inferiori sussidiarie, dette *bollitori*, comunicano colla principale a mezzo di grossi tubi, e tale aggiunta venne applicata per aumentare la superficie offerta all'azione del fuoco; F, è un congegno fatto a leva, che indica a quale al-

tezza trovasi l'acqua nell'interno della caldaia; B, è un piccolo tubo o cannello di vetro il quale comunica colla caldaia, ed essendo paralello alla caldaia ed in direzione verticale, si riempie di acqua fino all'altezza dell'acqua della caldaia, e così ne fa conoscere il livello; C, è il tubo di uscita del vapore, che passa nel cilindro della macchina; A, è il tubo per introdurre nella caldaia l'acqua portata dalla pompa di alimentazione, onde sostituire quella che si converte continuamente in vapore; T, è un'apertura rotonda di un diametro sufficiente per lasciare entrare un uomo onde pulire e visitare di quando in quando l'interno della caldaia, e ripararne i guasti se occorra. Questa figura fa vedere a sufficienza il fuoco che investe la caldaia principale, e le due sussidiarie, non che la canna del camino per far uscire il fumo; S, è la così detta *valvola di sicurezza* a peso mobile.

Questo congegno essenzialissimo e vitale, in tutte le macchine a vapore di qualsiasi classe o costruzione, consiste in un turacciolo di ferro che chiude la caldaia, e ch'è mantenuto in equilibrio da un picciolo peso attaccato all'estremità di un braccio di leva orizzontale RS. Il peso del turacciolo metallico è stato calcolato in maniera, che viene innalzato dal vapore quando acquista una forza considerevole, e che potrebbe attentare alla solidità della caldaia. Se il fuoco è troppo violento, il vapore acquista una forza maggiore, e la sua tensione si fa pericolosa. In allora il turacciolo stesso R viene innalzato dalla pressione del vapore, e tosto s'inclina il braccio di leva orizzontale RS, abbassata dal contrappeso. In tal modo scaricandosi una quantità di vapore dalla caldaia, va a diminuirsi il volume, e quindi non è a temersi più lo scoppio della caldaia. Quando il vapore è ritornato alla sua normale tensione, il turacciolo S cade pel proprio peso, va ad imboccare l'apertura della valvola, e la caldaia viene chiusa come prima ermeticamente.

Questo congegno tanto importante per la sicurezza delle macchine a vapore, e per la salvezza delle persone fu immaginato dal celebre Dionisio Papin nel 1681, e da esso poscia applicato, nel 1707, alle macchine a vapore, qual sicuro mezzo d'impedire l'esplosione della caldaia.

(B) Macchine di navigazione.

Storia. — Trovata che fu la macchina a vapore *fissa*, ed arricchito così il mondo sociale di un nuovo mezzo di forza, l'umano ingegno non tardò ad applicarlo a qualsiasi industria che potesse ricevere un motore meccanico. Le macchine a vapore quindi vennero applicate alla *navigazione*, alla *locomozione* sopra le strade ferrate ed ai *lavori agricoli*.

Seguendo l'ordine cronologico di queste applicazioni, comincieremo dalla prima, che fu quella di muovere i bastimenti da guerra e mercantili su' fiumi, e su' mari, senza il soccorso delle vele e de' remi. L'impiego di questi e di quelle come mezzi di navigazione presentano degl'inconvenienti.

Le vele non possono adoperarsi quando il vento è contrario, e quando l'aria è tranquilla; e l'uso dei remi oltre di essere faticoso spinge il legno assai lentamente e richiede un maggior numero di marinai dotati di molta forza. Fino da' tempi remoti si desiderava avere una forza motrice meccanica, che potesse spingere un legno sull'acqua, indipendentemente dal soffio dei venti incostante ed incerto. Verso la metà del secolo XVIII, appena cioè che fu inventata la macchina a vapore, venne l'idea di applicarla anche alla navigazione, qual forza motrice. Ma dapprincipio tale applicazione presentava tante difficoltà, che trascorsero molti anni, prima che l'umana industria potesse utilizzare questa nuova scoperta a vantaggio della navigazione fluviale e marittima, e potesse combinare il buon esito col tornaconto.

Dionisio Papin fu il primo, come abbiamo veduto, che costruì un *battello a vapore* applicando a questo la macchina *fissa* a vapore da esso lui inventata, colle modificazioni richieste dall'uso che dovea prestare. Nel 1724 Giacomo Dickens, e nel 1737 Gionata Hull, ambidue meccanici inglesi, proposero alla lor volta di applicare alla navigazione la macchina a vapore, tal quale esisteva in allora.

Questo medesimo progetto venne fatto in Francia nell'anno 1753 dall'abate Gauthier canonico di Nancy, illustre personaggio, ed istruito nelle scienze fisiche e naturali. Poco tempo dopo, cioè nel 1760, un ecclesiastico del Cantone di Berna, per

nome Genevois, fece conoscere i sommi vantaggi che si avrebbero dall'applicazione della macchina del Newcomen ad un bastimento o battello. Ma questa macchina quale si trovava a quel tempo, era troppo imperfetta per applicarla alla navigazione.

Il marchese di Jouffroy; primo tentativo per l'applicazione del vapore alla navigazione. — Giacomo Watt perfezionando la macchina a vapore di Newcomen, avendo applicato ad essa il *condensatore isolato*, avea dato molte speranze di riuscita, se si avesse voluto impiegare la macchina a vapore nella navigazione. Il primo saggio pratico di navigazione a vapore, dopo quella di Dionisio Papin, venne offerto dal marchese de *Jouffroy* in Francia, avendo applicato ad un battello la macchina a vapore a *semplice effetto* perfezionata dal Watt. Dopo molti tentativi fatti a Parigi nel 1775, e da esso lui continuati nel 1776 sul fiume Doubs a Baume-les-Dames, il marchese Jouffroy fece costruire a Lion nel 1780 un battello a vapore di 46 metri di lunghezza. Il giorno 15 luglio 1783 questo battello fece una corsa di esperimento decisivo sulla Saona, con esito felicissimo alla presenza di diecimila spettatori. Ad onta di tale esempio, e tale riuscita, il marchese Jouffroy non ebbe imitatori, e la navigazione *a vapore* fu trascurata in Francia ancora per molto tempo.

In America due bravi meccanici Giovanni Fink e Giacomo Rumsey, si occuparono per undici anni continui, vale a dire, dal 1781 al 1792, a fare molte ricerche e ad istudiare in qual modo si potesse impiegare il vapore qual forza motrice per ispingere un battello su'fiumi, ma i loro sforzi e la loro perseveranza non diedero alcun risultato positivo nè soddisfacente.

In Iscozia, Patrizio Miller, Giacomo Taylor e Guglielmo Symington, si sforzarono anch'essi nel 1787 ad applicare le macchine a vapore alla navigazione, ma inutilmente,

Roberto Fulton. — Questo celebre ingegnere americano, nato nella contea di Lancastro in Pensilvania, ebbe finalmente il merito e la gloria di aver trovato il vero e sicuro modo della navigazione a vapore. Figlio di poveri emigrati irlandesi, dapprima apprendista presso un gioielliere di Filadelfia, poscia dedicato al disegno ed alla pittura, a ciò spinto dal suo genio innato per quest'arte, non ancora ventenne, fu in grado di prov-

vedere al proprio mantenimento col prodotto del suo pennello. Il lavoro suo prediletto era la *miniatura*, ed avea già acquistata qualche rinomanza nel suo paese natio all'età di anni venti. Dotato di grande ingegno, accoppiava al genio della pittura quello della *meccanica*, per cui desideroso di accrescere le sue cognizioni, si determinò di cangiar cielo recandosi in Europa. Nell'anno 1786 s'imbarcò per l'Inghilterra, e scelta la capitale per sua dimora, città eminentemente industriale e manifatturiera, vi svolse sempre più il suo genio per la *meccanica*, per cui abbandonò affatto il disegno e la pittura, e applicossi a tutt'uomo agli studii necessarii per divenire ingegnere e meccanico. Nel periodo di quindici anni, durante i quali dimorò in Europa, ora in Inghilterra ed ora in Francia, si rese celebre per la invenzione d'innumerevoli e svariati meccanismi applicabili a qualsiasi ramo dell'industria manifatturiera. Ma il problema della *navigazione a vapore* ch'esso avea cominciato a studiare seriamente appena arrivato in Inghilterra, fu lo scopo principale delle sue veglie e de' suoi lavori.

Colla perseveranza delle sue ricerche, colla ripetizione de' suoi esperimenti, collo studio profondo della materia, giunse a trionfare degli innumerevoli ostacoli che si opponevano ad un'applicazione sicura del vapore alla navigazione, e che tanti altri prima di lui non aveano potuto superare, e nel mese di agosto dell'anno 1803, un grosso battello a vapore, costruito sotto la direzione dell'ingegnere americano, solcava per la prima volta le acque della Senna guidato dal suo costruttore, e parato a festa, alla presenza di tutta la popolazione di Parigi ch'era stipata lungo le sponde di quel maestoso fiume, la quale esultante e piena di gioia applaudiva alla grand'opera del giovane genio di Filadelfia.

Ma in mezzo a tanta gloria, e non ostante così brillante successo nell'arrischiata sua impresa, Fulton non trovò in Europa quell'incoraggiamento, nè quell'appoggio che si doveva a così importante invenzione, per cui risolse di ritornare in patria, onde arricchire il suo paese della sua grande scoperta.

La navigazione a vapore negli Stati-Uniti di America. — Il giorno 10 agosto 1807, il gran battello a vapore, denominato *il Clermont*, costruito da Fulton, fu varato sul canale

navigabile dell'Est a Nuova-York. Questo legno costrutto con quasi tutti quei congegni meccanici che si mantengono in uso anche al presente colla felice riuscita nelle corse di esperimento, determinò il governo, e il ceto mercantile degli Stati-Uniti, ad adottare l'uso de' *battelli a vapore* per la navigazione fluviale e marittima, facendo costruire tosto, e legni da guerra, e legni mercantili *a vapore*. Ne' diversi Stati dell'Unione americana, la marina *a vapore* acquistò in breve un grande sviluppo, in grazia dell'ammirabile scoperta dell'ingegnere del nuovo mondo, che morì a Nuova-York nell'anno 1815, nell'ancor fresca età di anni 49, contento di aver offerto, e lasciato al suo paese, un mezzo efficace e potente, che andava a segnare un'êra novella, assicurandogli un avvenire d'immensa prosperità.

La navigazione a vapore in Europa. — L'Europa non tardò a profittare della scoperta di Fulton. Nel 1812, un costruttore di bastimenti, per nome Enrico Bell, varava sulle acque del fiume Clida in Iscozia, un battello *a vapore*, il primo che prestò un servizio regolare in Europa. Questo legno denominavasi la *Cometa*, costrutto a imitazione del battello di Fulton.

Dalla Gran-Brettagna la navigazione a vapore non tardò a diffondersi negli altri Stati di Europa. Nel periodo di vent'anni, la marina *a vapore* da guerra e mercantile, avea preso un grande sviluppo presso tutte le nazioni. I fiumi ed i canali navigabili del continente si coprirono di battelli a vapore, e in breve i mari tutti e l'Oceano, furono solcati anch'essi da innumerevoli navigli *a vapore* di ogni portata. Oggidì la marina *a vapore* tende a far isparire affatto dalla superficie delle acque la marina *a vela*, in conseguenza degl'immensi vantaggi della prima sulla seconda, relativamente alla *velocità* de' viaggi, ed alla *economia*, i quali sono proprii di questo genere di motore.

Descrizione delle macchine a vapore, che servono alla navigazione. — Le macchine a vapore destinate al servizio della navigazione variano nel loro sistema, a seconda della natura del mezzo di *propulsione* che viene adottato. Egli è adunque necessario prima di parlare de' varii sistemi delle macchine a vapore proprii alla navigazione, dire qualche cosa intorno agli agenti *propulsori*.

Agenti propulsori; le ruote a pala, e l'elice. — Due sono i principali mezzi meccanici per la spinta de' battelli a vapore: le *ruote a pala*, e *l'elice*.

L'uso nella navigazione delle ruote a pala, risale ad un'epoca assai rimota. Si trova in qualche opera latina di antica data, la descrizione delle ruote a pala mosse da'buoi, e che applicavansi alle barche ed alle zattere. Papin applicò al suo battello a vapore nel 1707 le ruote a pala qual mezzo *propulsore*. Anche il battello a vapore del marchese Jouffroy, era spinto da tali ruote. Fulton adottò anch'egli l'uso delle ruote *a pala*, le quali continuavano esclusivamente a prestare il loro uffizio ai battelli, ed alle navi a vapore.

L'*elice* è un'invenzione molto più recente. Nel 1752 il matematico Daniele Bernouilli propose il primo pei navigli marittimi, un motore a forma di *elice*.

Nel 1768 Paucton ingegnere francese proponeva di sostituire all'elice de'remi comuni da bastimenti. Nel 1803 un meccanico nativo di Amiens, Carlo Dellery, aveva adattato *due elici* a un picciolo battello ch'egli avea cominciato a costruire, onde navigare sulla Senna. Ma essendogli mancati i fondi necessarii al compimento del suo battello, dovette abbandonare suo malgrado il tentativo. Dopo Dellery, molti meccanici inglesi e francesi si sono occupati per sostituire l'*elice* alla ruota *a pala* nella navigazione a vapore. Fu un francese, il capitano del genio Delisle, che dimostrò ad evidenza, in appoggio alla teoria della meccanica, la superiorità dell'*elice* alla ruota *a pala*. In Inghilterra i costruttori Smith e Rémie furono i primi a ottenere dei felici risultamenti dall'applicazione dell'*elice* ad un battello a vapore.

L'attuale conformazione dell'elice, vale a dire, l'*elice semplice* ad una sola rivoluzione, venne inventata, ed esperimentata da un costruttore di Boulogne, per nome Federico Sauvage. Disgraziatamente il nostro compatriota non potè giungere ad eseguire in grande i suoi esperimenti, limitati dapprima ad un piccolo modello. Sauvage è morto nel 1857 a Parigi in un ospizio di pazzi. Trovandosi prigioniero per debiti a Boulogne, da una finestra che guardava sul porto, si accorse che il capitano di un naviglio mercantile a vapore inglese costruito a Londra, ivi ancorato, avea fatto applicare il sistema

ad *elice semplice* da esso lui imaginato, facendo degli esperimenti nel porto medesimo sotto i suoi occhi. Questo spettacolo così tormentoso per un inventore, gli fece perdere la ragione, per cui venne tradotto in un manicomio di Parigi, dove appunto morì, come sopra si è detto.

Il primo battello a vapore ad elice è stato costruito ad Havre nel 1843 dal meccanico Normand. Da quell'anno i navigli ad elice presero voga, e furono introdotti poco a poco nella nostra marina. Al giorno d'oggi si potrebbe dire, che l'*elice* ha detronizzato le *ruote a pala*.

Ma però nei battelli a vapore che sono destinati a prestare il loro servizio sui fiumi e sui canali navigabili, si potrebbe difficilmente sostituire l'*elice alle ruote a pala*, di maniera che si può dire per riassumere il fin qui detto, che l'*elice* è al giorno d'oggi il motore usato generalmente per la navigazione marittima, e le *ruote a pala* il motore quasi esclusivo, per la navigazione a vapore sopra i fiumi e sopra i canali navigabili.

Sistema delle macchine a vapore, usate nei battelli a ruote. — Il sistema delle macchine a vapore usato quasi da per tutto per mettere in movimento i battelli a ruote, è la macchina *a condensatore*, presso a poco eguale a quella inventata da Watt. Noi abbiamo già descritta parlando delle macchine *fisse*, la macchina a condensatore del Watt, per cui adesso non occorre dilungarsi a descrivere la macchina che viene applicata ai navigli a vapore a ruote, perchè appunto è quasi simile alle macchine fisse che agiscono nelle officine meccaniche, e nelle fabbriche manifatturiere. Essa non differisce che in qualche disposizione secondaria, cui si dovette ricorrere per economizzare lo spazio, dovendo collocare questo meccanismo a bordo di un battello di qualsiasi altro naviglio.

Nei battelli a vapore a ruote, suolsi di sovente usare invece della macchina del Watt, che ha il cilindro verticale, quelle macchine che hanno il cilindro orizzontale, il cui meccanismo è più semplice, riguardo al rimando o ritorno del movimento.

Sistema delle macchine a vapore, usate pei battelli ad elice. — Quando l'agente propulsore di un naviglio a vapore è l'*elice*, non può adoperarsi la macchina di Watt, perchè dessa non potrebbe imprimere all'elice quella grande velocità

ch'egli ha d'uopo per ravvolgersi entro la massa dell'acqua nella quale trovasi immerso. Pei battelli a vapore ad elice, vi sono macchine costruite in modo, che la forza del vapore agisce direttamente sull'albero girevole dell'elice, mediante particolari congegni. In una parola conchiuderemo col dire, che pei battelli a vapore ad elice si usano le macchine a cilindro orizzontale, e le macchine a due cilindri inclinati, i quali agiscono di conserva sull'albéro dell'elice, cioè secondo il tipo di quelle macchine che usansi per le locomotive.

(C) Locomotive.

Storia. — La scoperta delle macchine a vapore ad alta pressione, rese possibile la costruzione delle *locomotive,* e il loro uso per trascinare pesantissimi convogli sopra strade armate di raili di ferro. Non appena la macchina a vapore fissa venne usata nelle officine meccaniche e nelle fabbriche manifatturiere, si tentò di utilizzare questa nuova forza motrice e tradurre da un luogo all'altro i veicoli di trasporto. A quell'epoca si fecero degli esperimenti per costruire delle vetture a vapore che potessero scorrere sulle strade comuni, e il primo che immaginò tal cosa fu un ufficiale svizzero per nome Planta nell anno 1769. Un ingegnere francese, per nome Giuseppe Cugnot, nato a Void nella Lorenna, spinse più oltre questo progetto, e costruì un carro a vapore, che venne esperimentato nel 1770 alla presenza dei signori de Choiseul ministro di Luigi XV, e del generale Gribeauval, uno de' creatori dell'artiglieria moderna. Ma la macchina a vapore quale esisteva in quel tempo, non poteva assolutamente applicarsi a quest'uso, perchè la quantità di acqua che si poteva caricare sul carro era insufficiente al bisogno, e sarebbe stato necessario di arrestarsi ad ogni quarto d'ora per rinnovare la provvigione dell'acqua occorrente per alimentare la caldaia, e inoltre le ineguaglianze e la scabrosità della strada, avrebbero opposto troppa resistenza alla forza motrice.

Questi primi esperimenti non potevano al certo ottenere un felice resultato, che dopo il perfezionamento delle macchine a vapore, e la scoperta delle macchine ad alta pressione.

Oliviero Evans. — Questo meccanico americano, l'inven-

tore della macchina a vapore ad alta pressione, si occupò verso l'anno 1790 a costruire delle vetture a vapore per farle scorrere sulle strade ordinarie, a mezzo di una macchina ad alta pressione, ma non potè ottenere il suo intento.

Trevithick e Vivian. — Fu in Inghilterra che si riuscì per la prima volta ad avere qualche vantaggio dall'impiego del vapore nella locomozione. Trevithick e Vivian, meccanici nella contea di Cornovaglia ebbero il merito di questo primo tentativo. Essi ottennero quel successo che mancò nel 1790 ad Evans, perchè dopo aver tentato, come il loro predecessore, di far correre le vetture a vapore sulle strade ordinarie, non essendo riesciti neppure essi, ebbero la felice idea di applicare la stessa macchina locomotiva sopra le strade a raili di ferro ch'erano in uso a quel tempo nelle miniere, e in molte fabbriche manifatturiere dell'Inghilterra.

Origine delle attuali strade-ferrate. — Sopra le strade ordinarie, molti ostacoli nuocciono alla rapidità del moto delle vetture. Le ruote incontrano una grande resistenza pel grande attrito ch'esse esercitano contro il suolo elastico sul quale gravitano col loro peso. Il terreno sabbioniccio, o ghiadoso, presenta delle ineguaglianze di livello, che sperdono una parte della forza motrice, e finalmente i solchi prodotti dalle ruote sul terreno, oppongonsi alla regolarità del cammino.

Per diminuire possibilmente la resistenza che presenta il suolo ineguale delle strade, i Romani avevano immaginato di selciare con duri macigni le strade più frequentate della città, e così pure de' contorni di Roma. Ma questa era cosa molto dispendiosa, non fu impiegata presso gli antichi che per poco tempo.

Strade a raili di legno nelle miniere e nelle fabbriche manifatturiere dell'Inghilterra. — Verso il secolo XVIII si cominciò ad usare in Inghilterra le *rotaie di legno* disposte lungo le strade pubbliche, per diminuire l'attrito delle ruote contro il suolo. Si appoggiavano, e si assicuravano quasi a livello del suolo delle grosse travi in linea retta continua e non interrotta, formando una specie di rotaia scannellata entro la quale scorrevano le ruote dei carri, le quali erano fornite di un orlo, che serviva a mantenerle costantemente dentro la rotaia. E siccome la resistenza del legno non è molto considerevole,

così questi raili si logoravano assai presto. Si prese adunque la massima di sostituire i raili di *ghisa*. Più tardi il *ferro* venne sostituito alla ghisa, e ciò avvenne nell'anno 1789.

Le strade a rotaie di ferro vennero adunque attivate in detto anno in molte miniere e in alcune fabbriche dell'Inghilterra. I carri venivano trascinati da' cavalli.

Nel 1804 i meccanici Trevithick, e Vivian ebbero l'idea di sostituire ai cavalli, nelle strade-ferrate delle miniere la loro locomotiva a vapore. Alcune altre miniere adottarono queste prime locomotive sui loro raili di ferro.

Scoperta dell'aderenza delle ruote ai raili di ferro. — Una grande scoperta, e molto importante venne fatta nell'anno 1813 dall'ingegnere inglese *Blacket*, il quale si accorse che quando il peso di una locomotiva è considerevole le ruote non possono più strisciare sopra i raili. Questo ingegnere conobbe per esperienza, che a cagione delle scabrosità ch'esistono sempre sulla superficie de' *raili*, per quanto lisci essi sieno, le ruote possono avere qualche punto di appoggio, che loro permetta di procedere. Si credeva fino allora, che la superficie del contorno delle ruote, e quella dei raili, essendo molto liscia, la ruota dovesse girare intorno ad essa restando immobile la locomotiva, od almeno procedere perdendo una gran quantità della sua forza. Le replicate esperienze di Blacket dimostrarono ad evidenza, che dando alla locomotiva un peso proporzionato si poteva impedire tale inconveniente, e non perdere la minima quantità di forza. Questa scoperta fu favorevole all'impiego delle locomotive sopra le strade ferrate delle miniere. Nel 1812 Giorgio Stephenson costruì una locomotiva che venne usata con grande vantaggio nelle fabbriche manifatturiere di Killingworth.

Scoperta delle caldaie tubulari. — La scoperta che provocò direttamente la creazione delle ferrovie attuali è dovuta all'ingegnere francese *Seguin*, il maggiore, nativo di Annonay. Nel 1829 Seguin inventò, e costruì la prima *caldaia a tubi*, la quale avendo una forma particolare, e una superficie molto estesa, produce in breve tempo una prodigiosa quantità di vapore. L'attivazione delle caldaie *tubulari* nelle locomotive, accrebbe al sommo grado la potenza di questo apparecchio motore.

Concorso di locomotive a Liverpool. — Nel 1830, ebbe

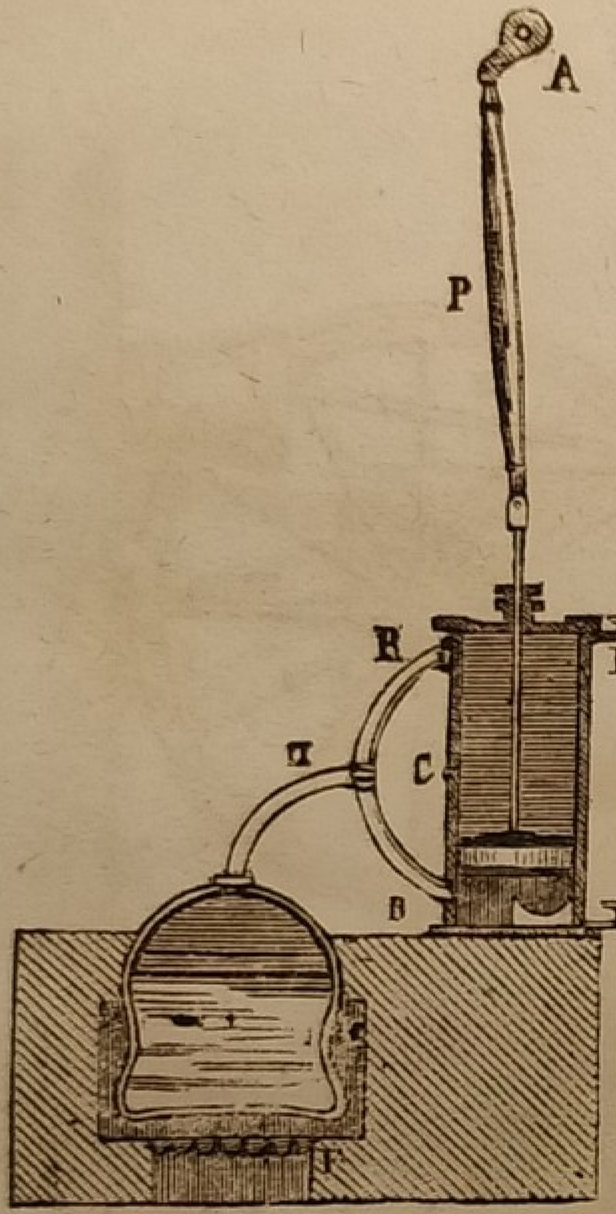


Fig. 1.

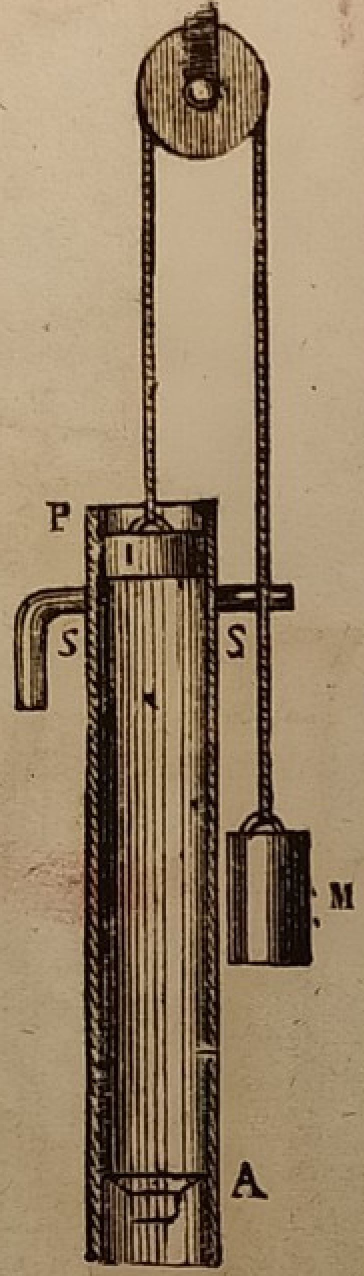


Fig. 2.

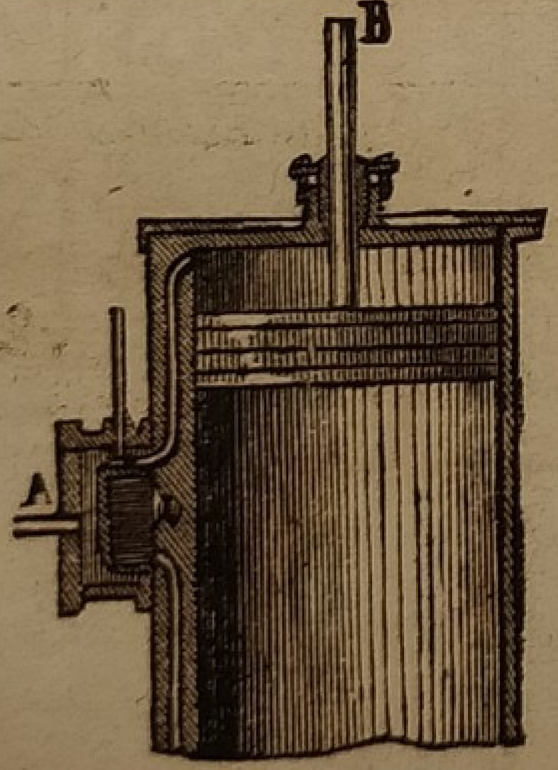


Fig. 3.

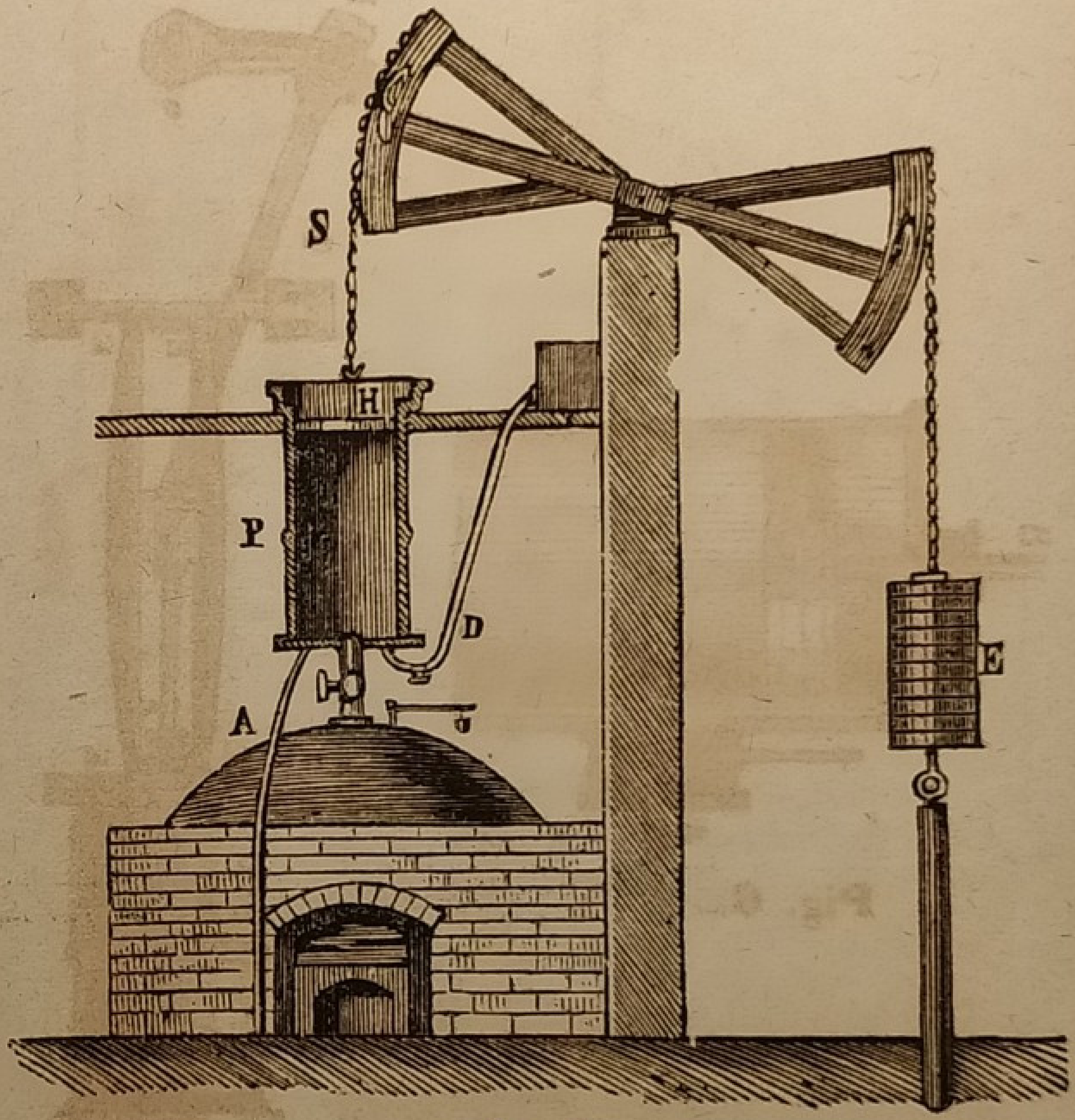


Fig. 4.

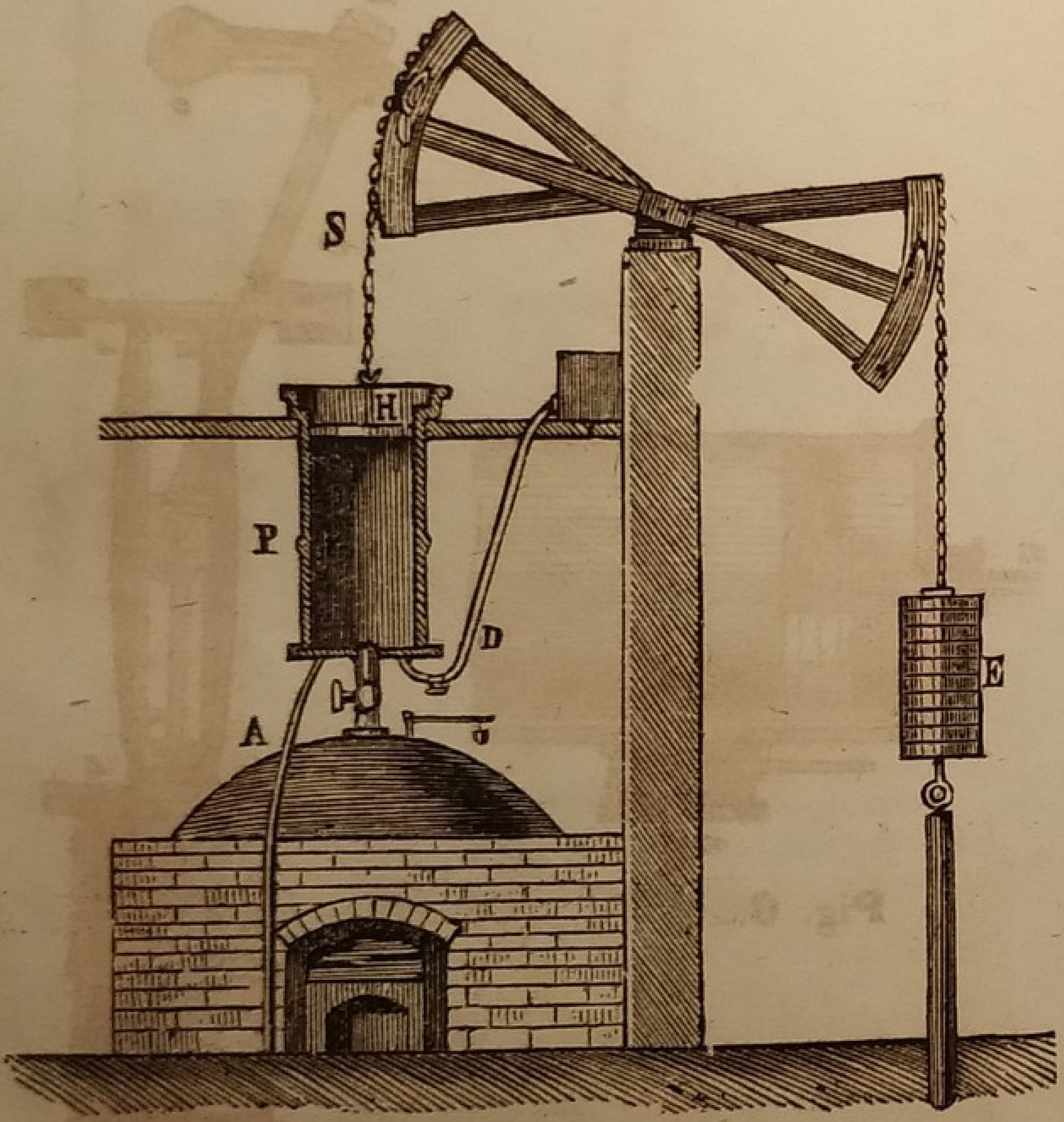
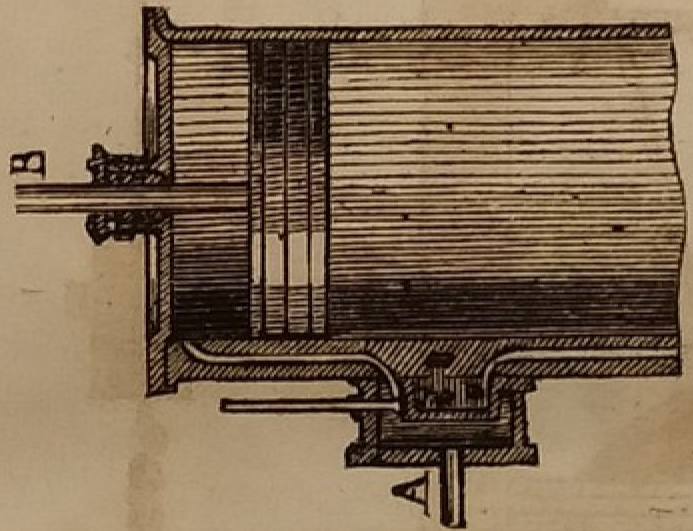


Fig. 4.



Pig. 6.

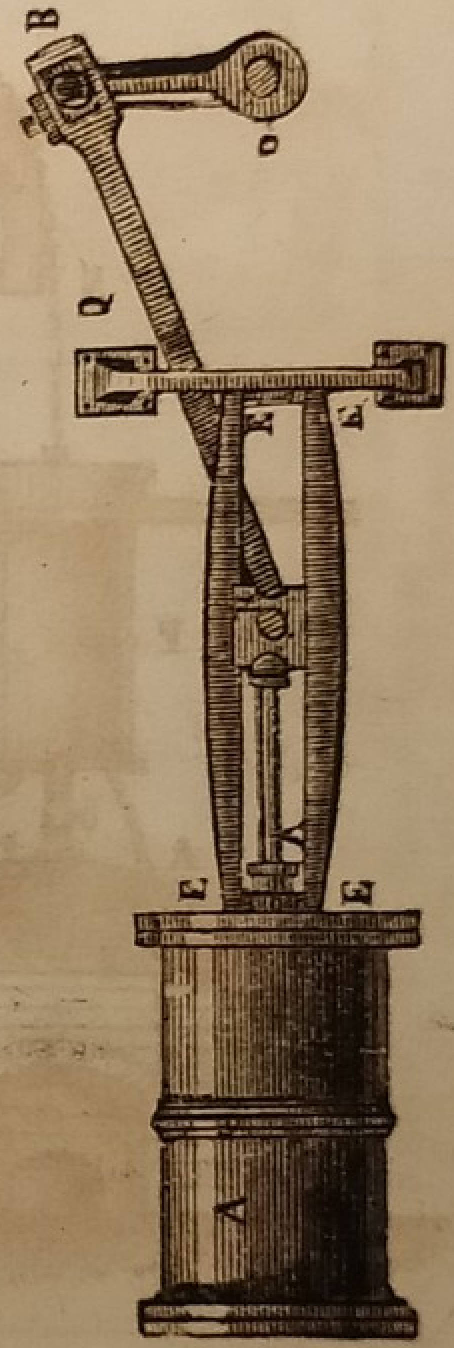
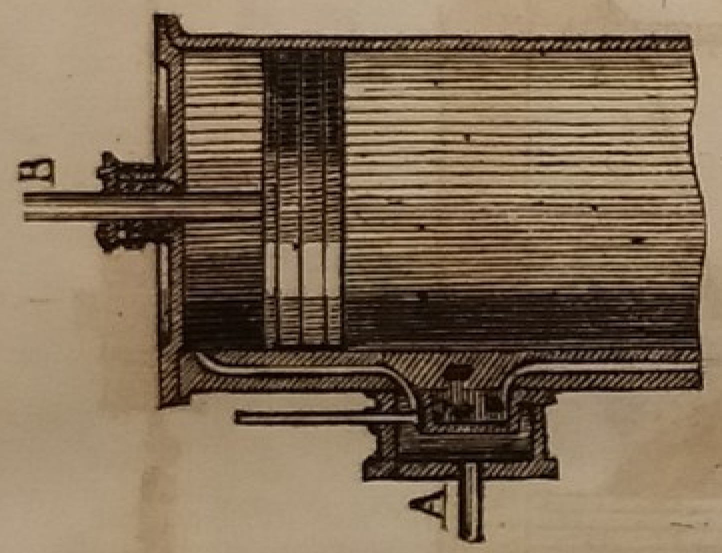


Fig. 5.



Pig. 6.

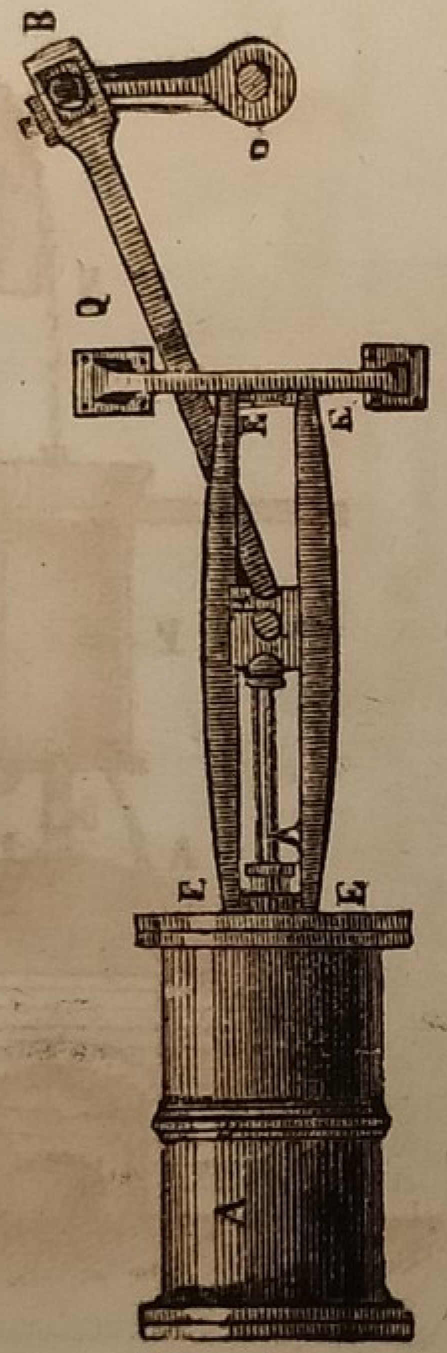


Fig. 5.

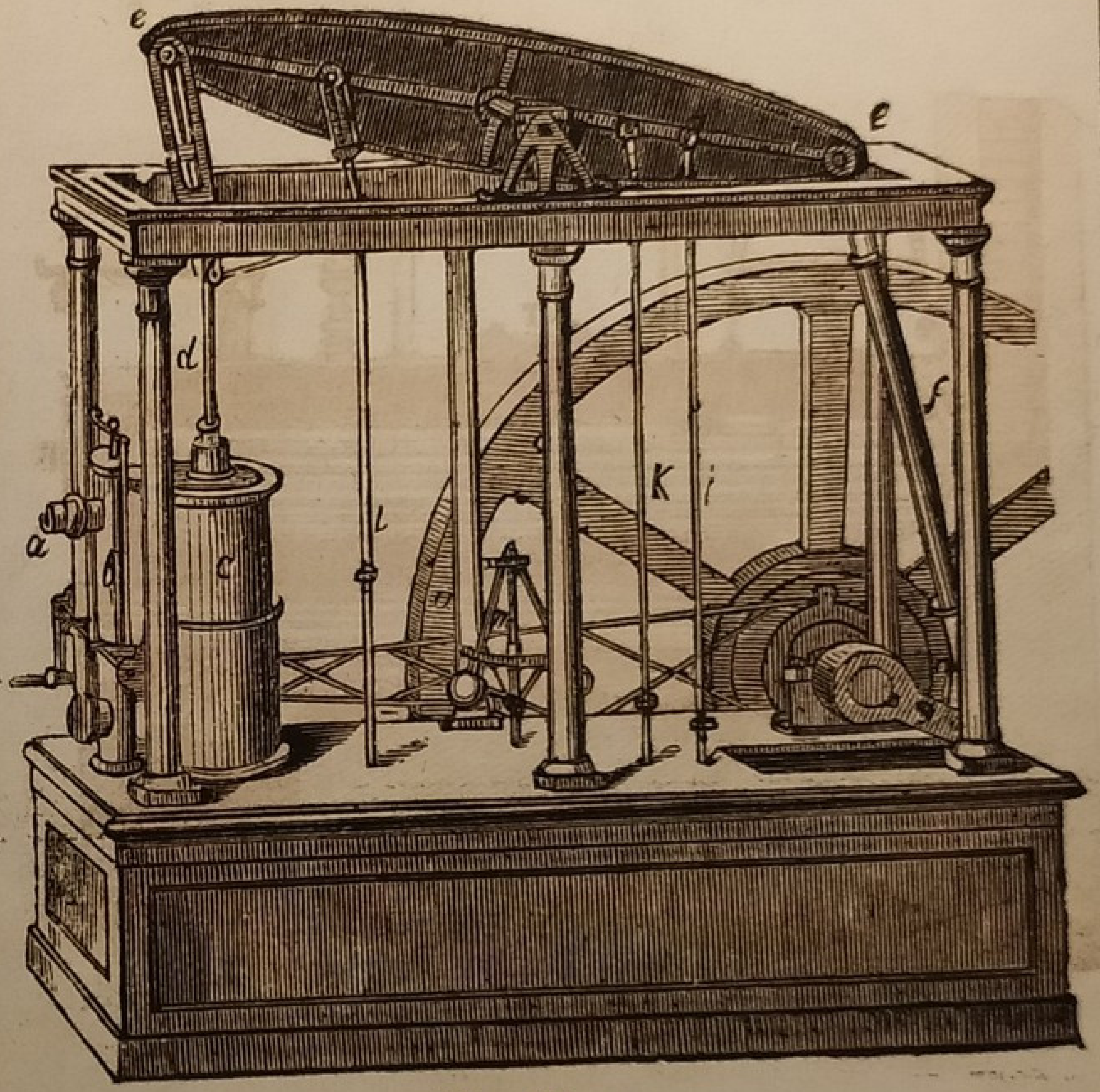


Fig. 7.

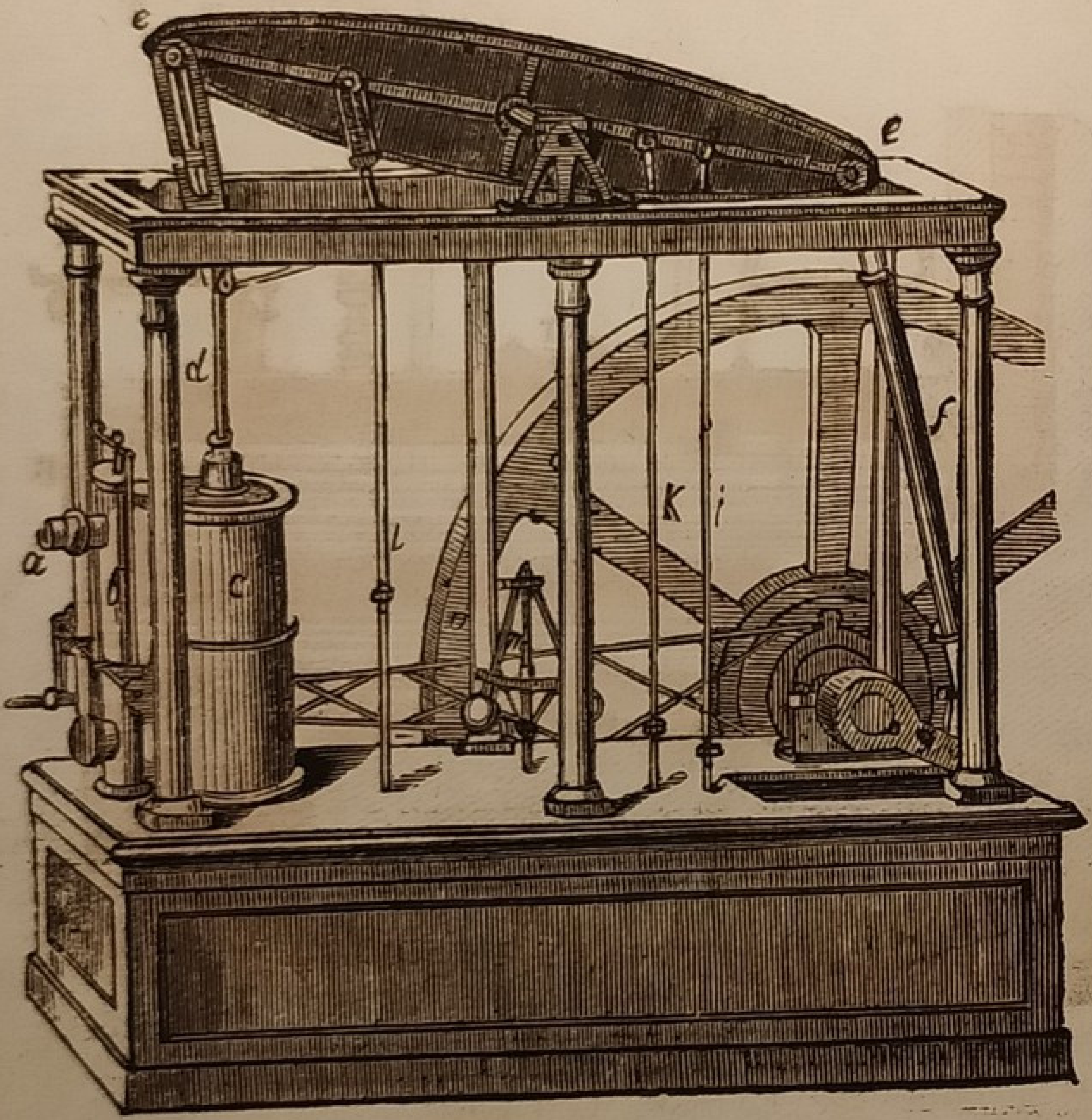


Fig. 7.

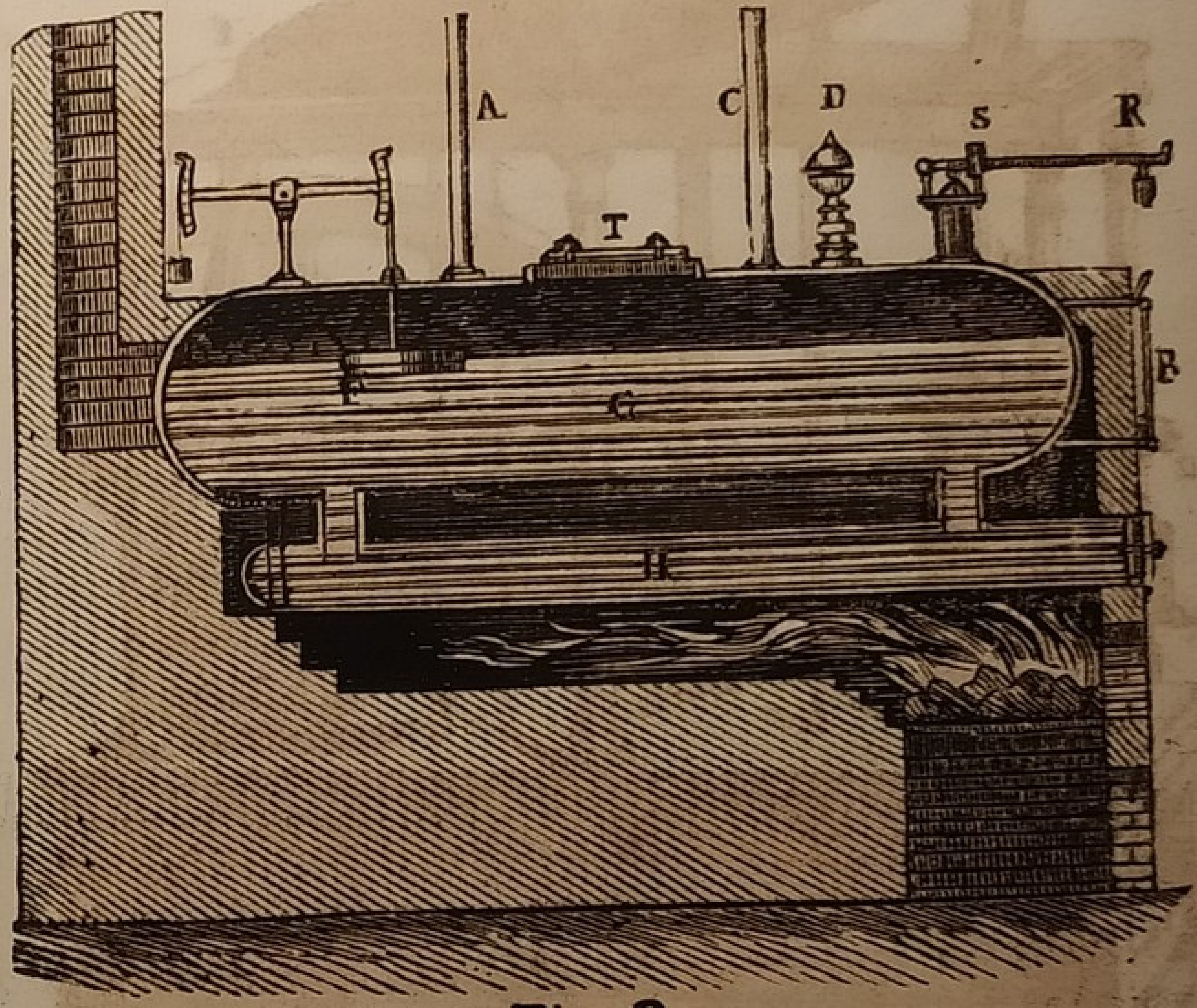


Fig. 8.

Macchine a Vapore.

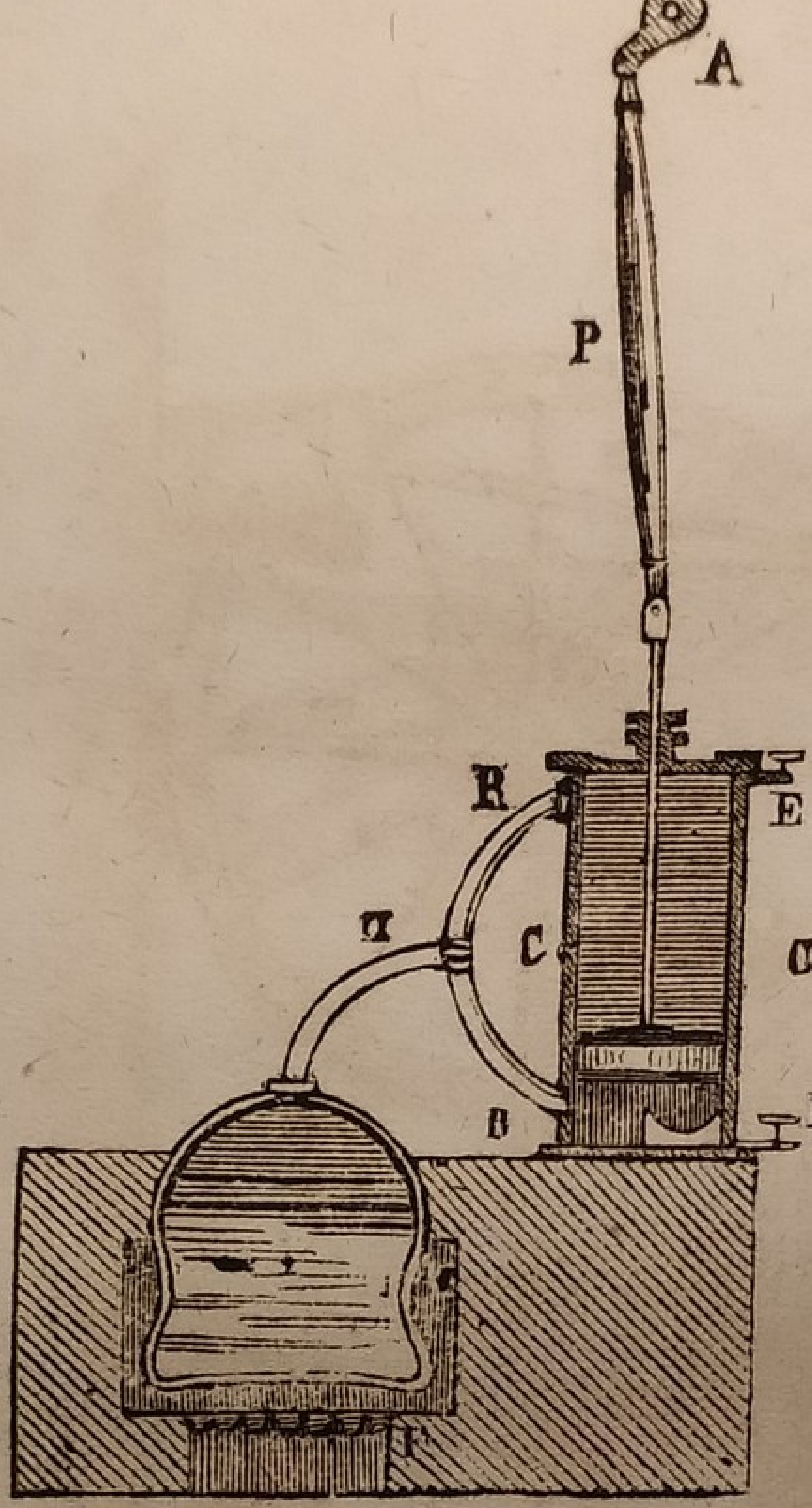


Fig. 1.

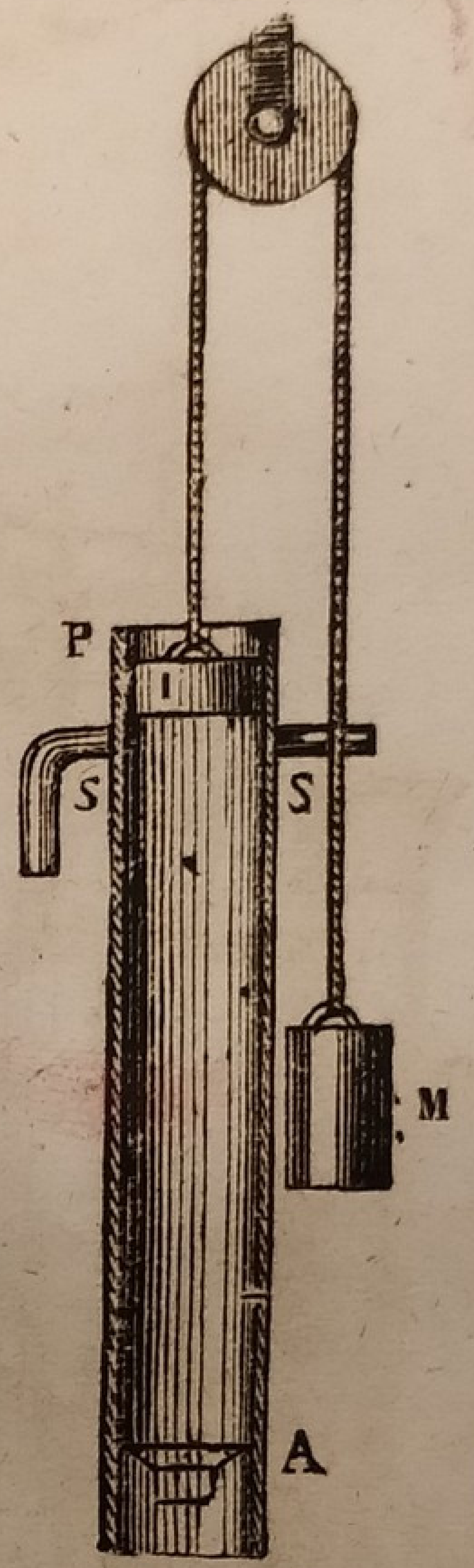


Fig. 2.

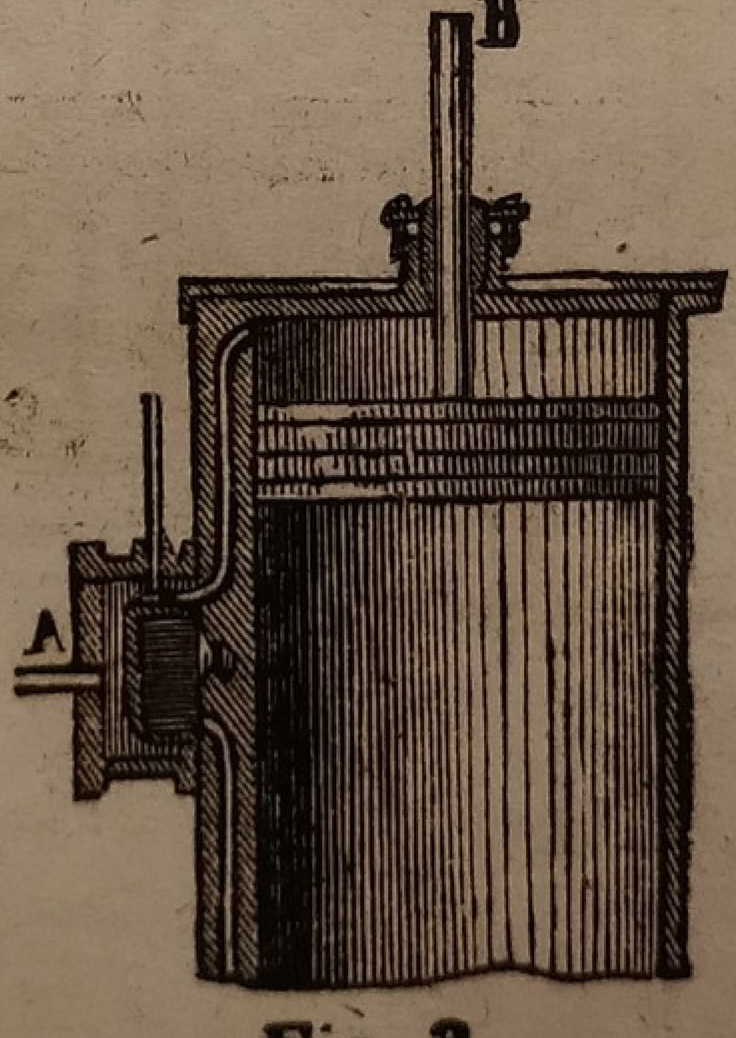


Fig. 3.

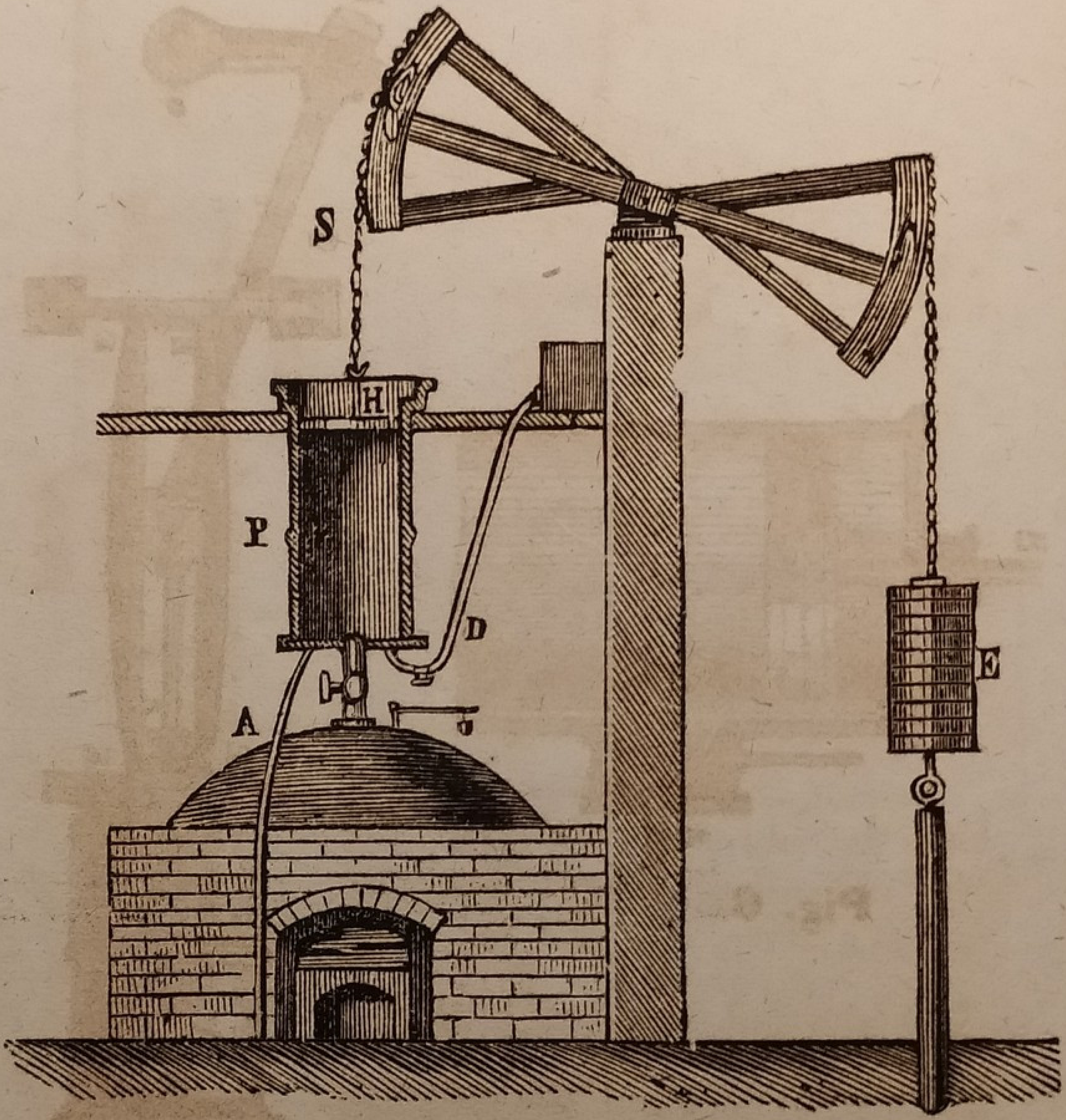
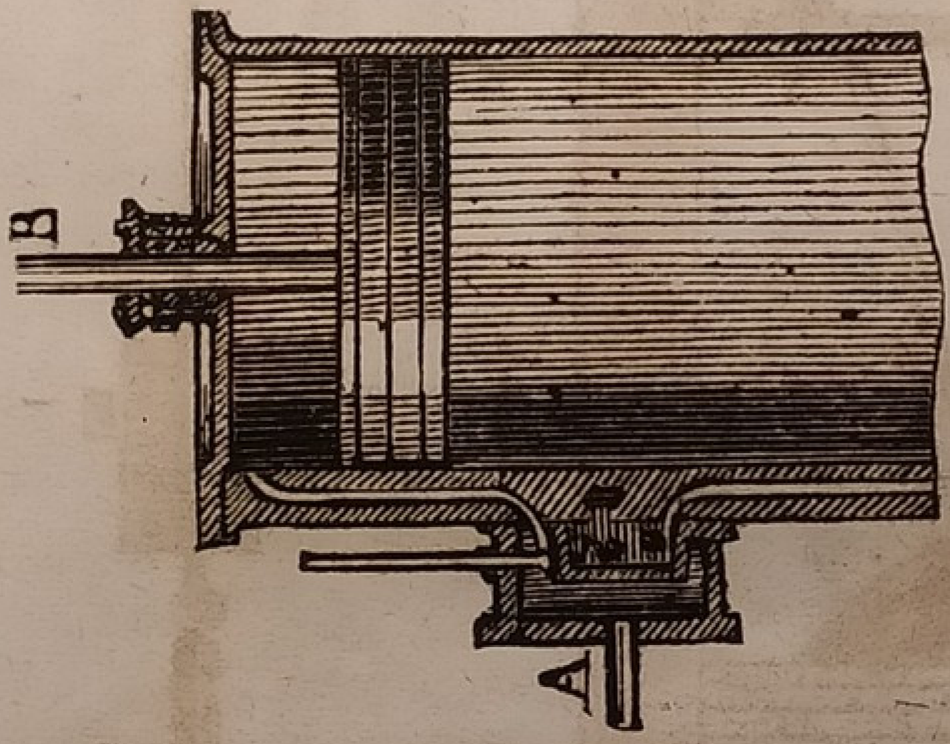


Fig. 4.



Pig. 6.

Fig. 5.

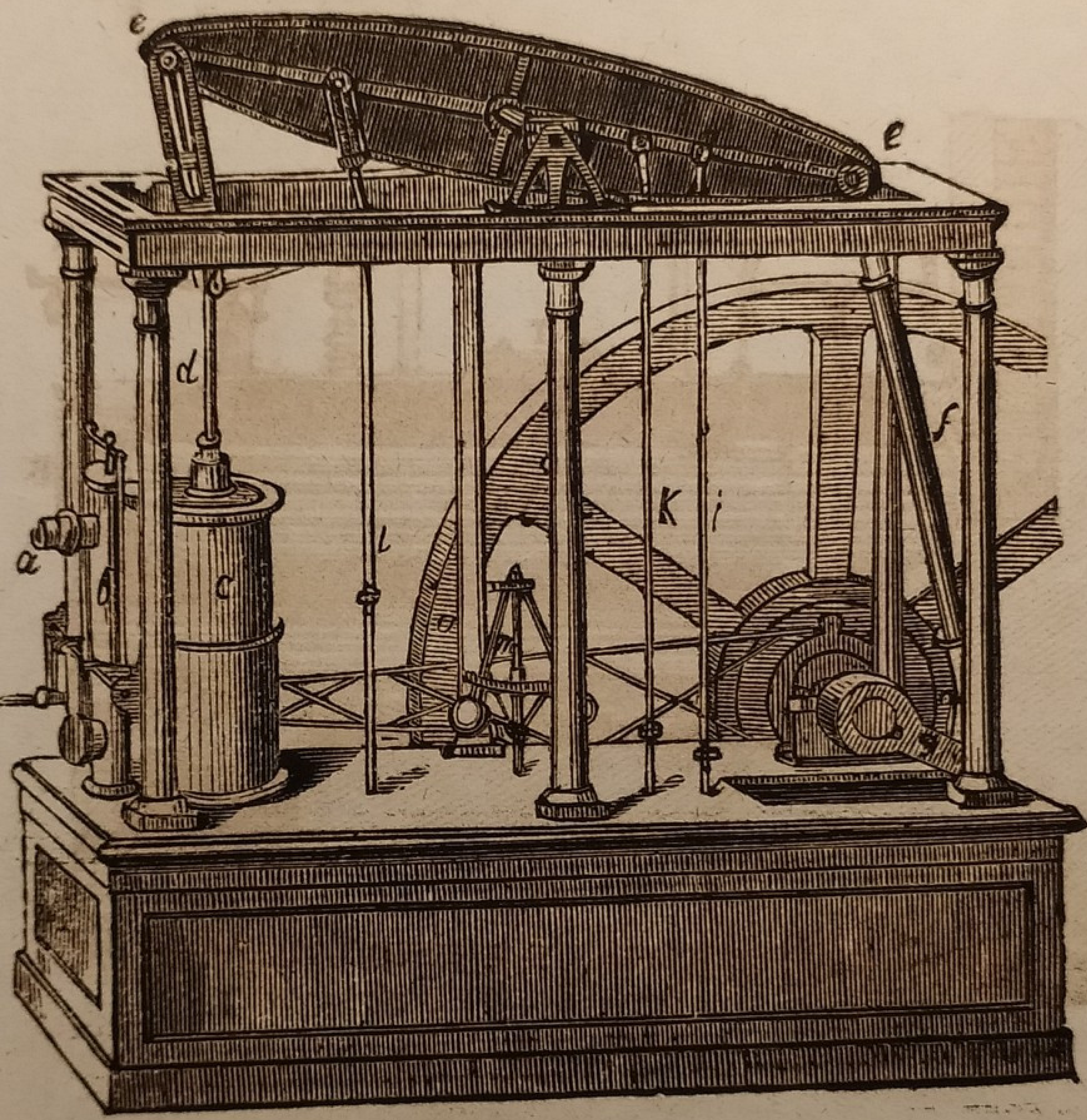


Fig. 7.

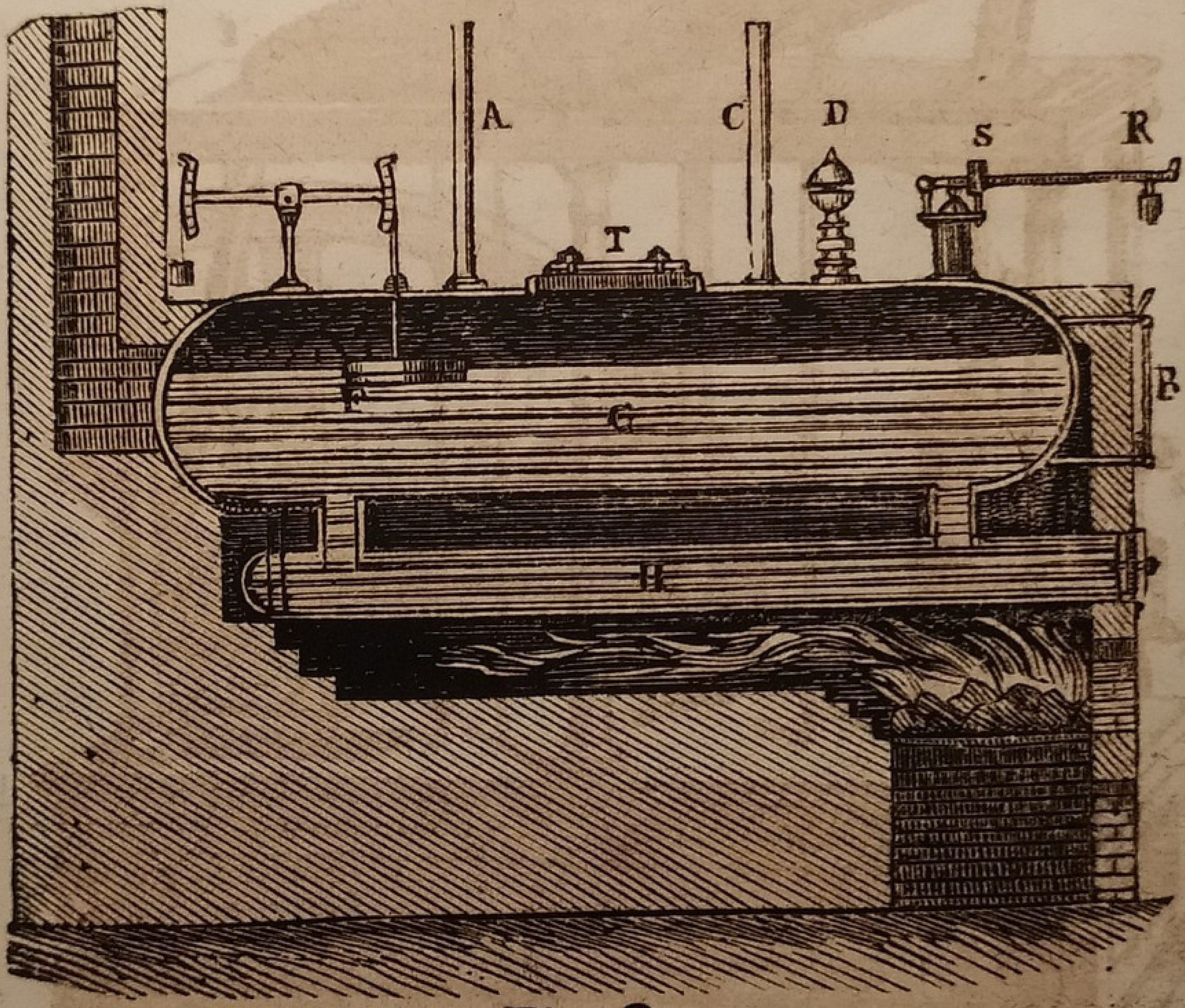


Fig. 8.

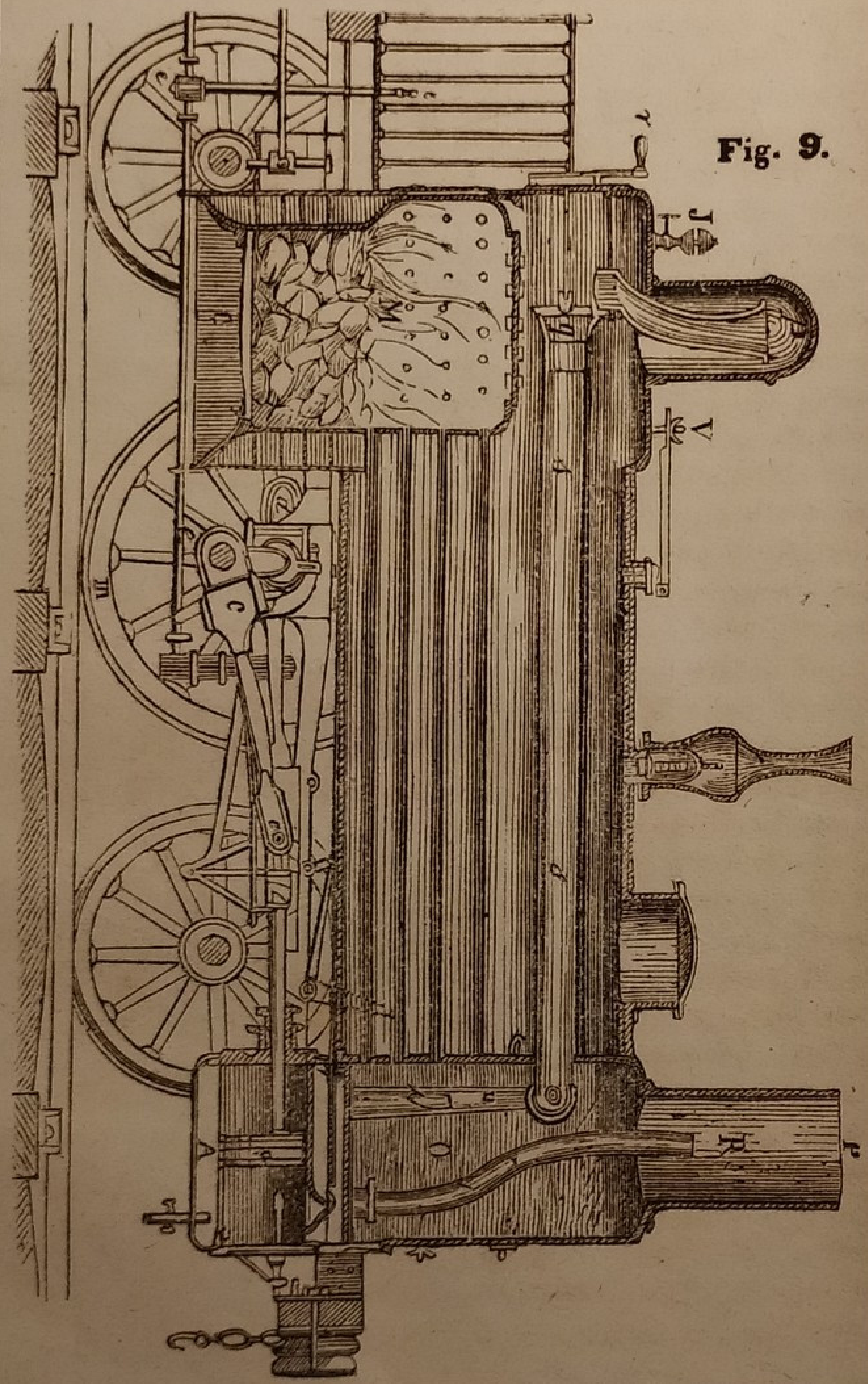


Fig. 9.

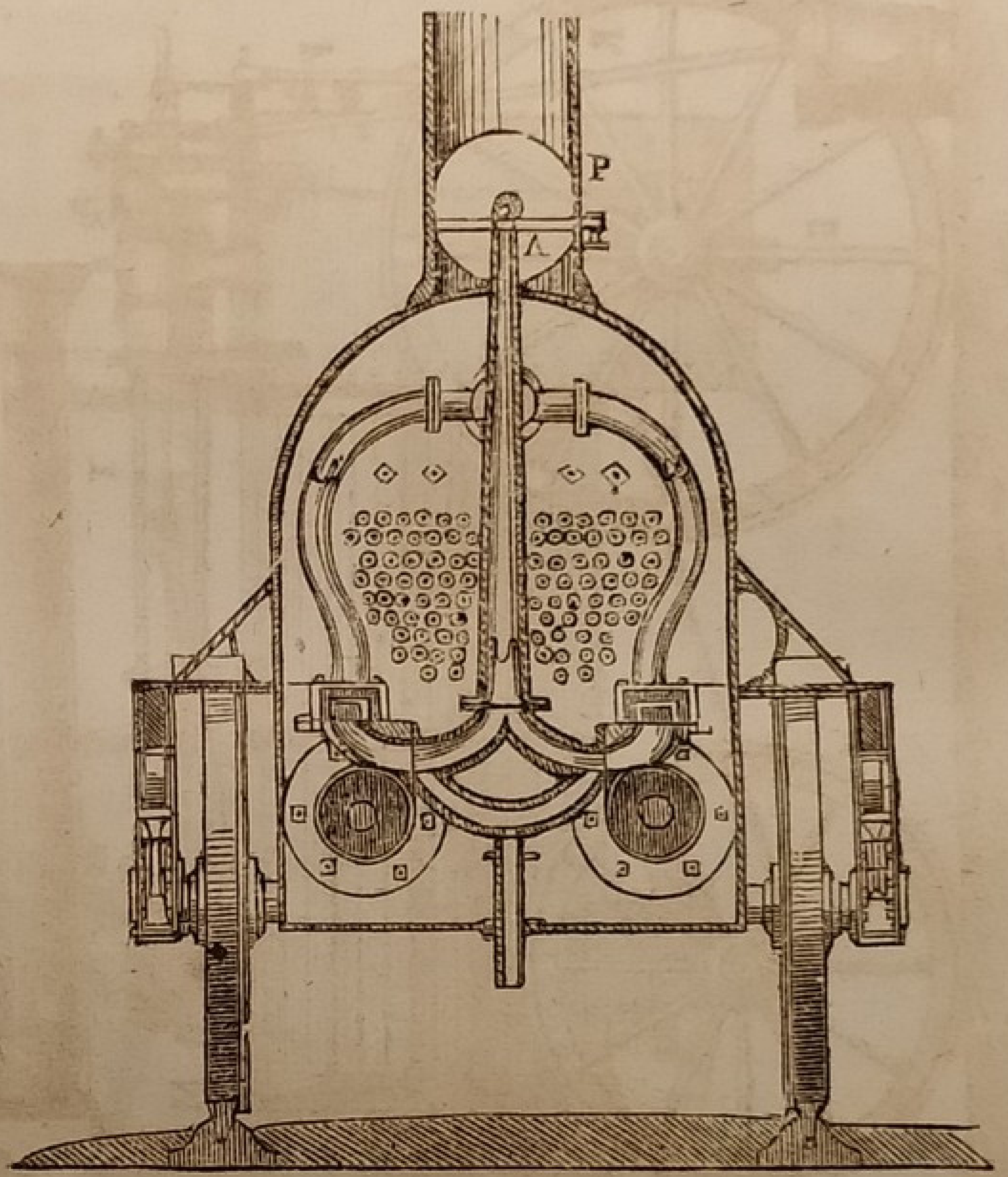


Fig. 10.

g. 9.

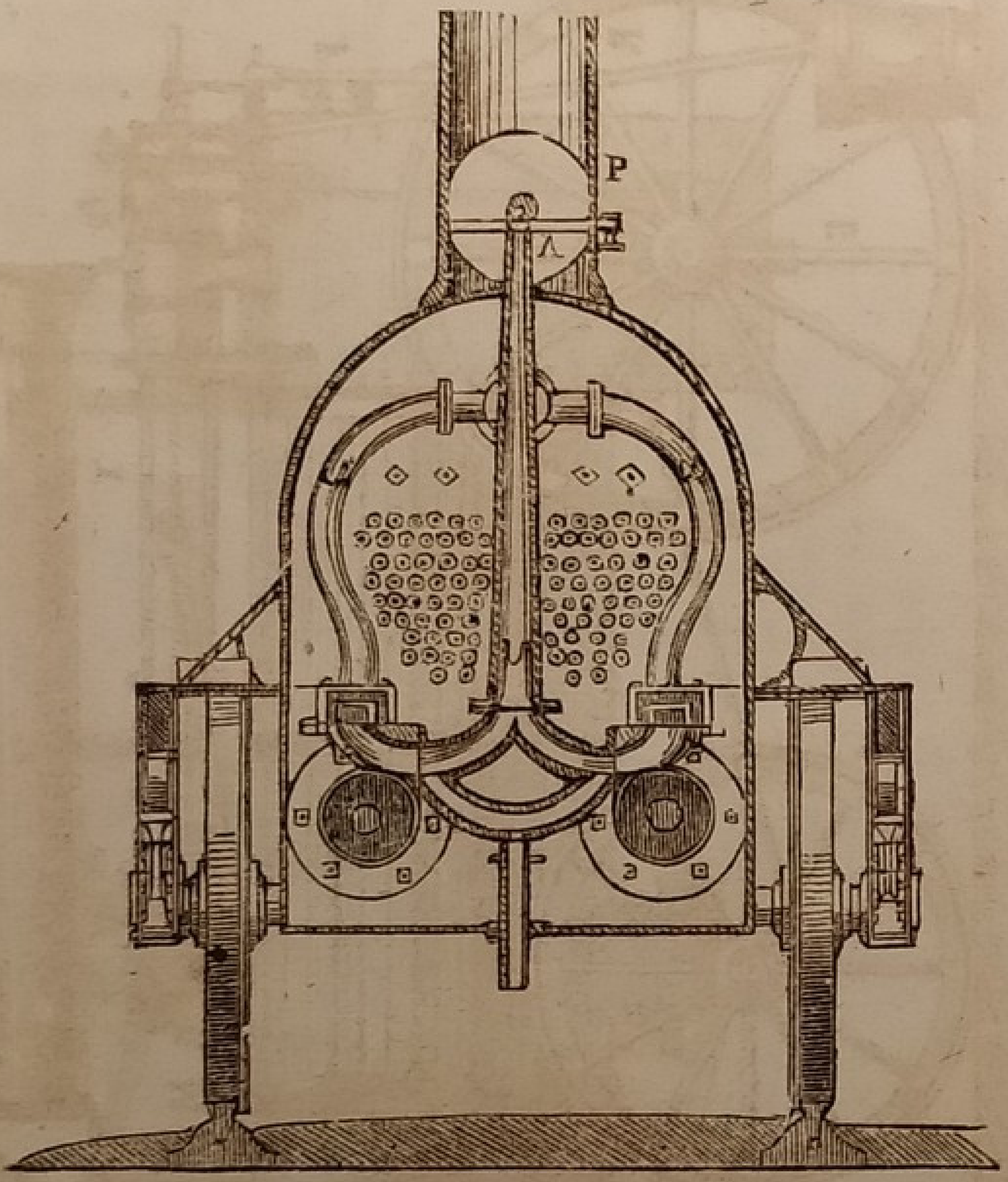


Fig. 10.

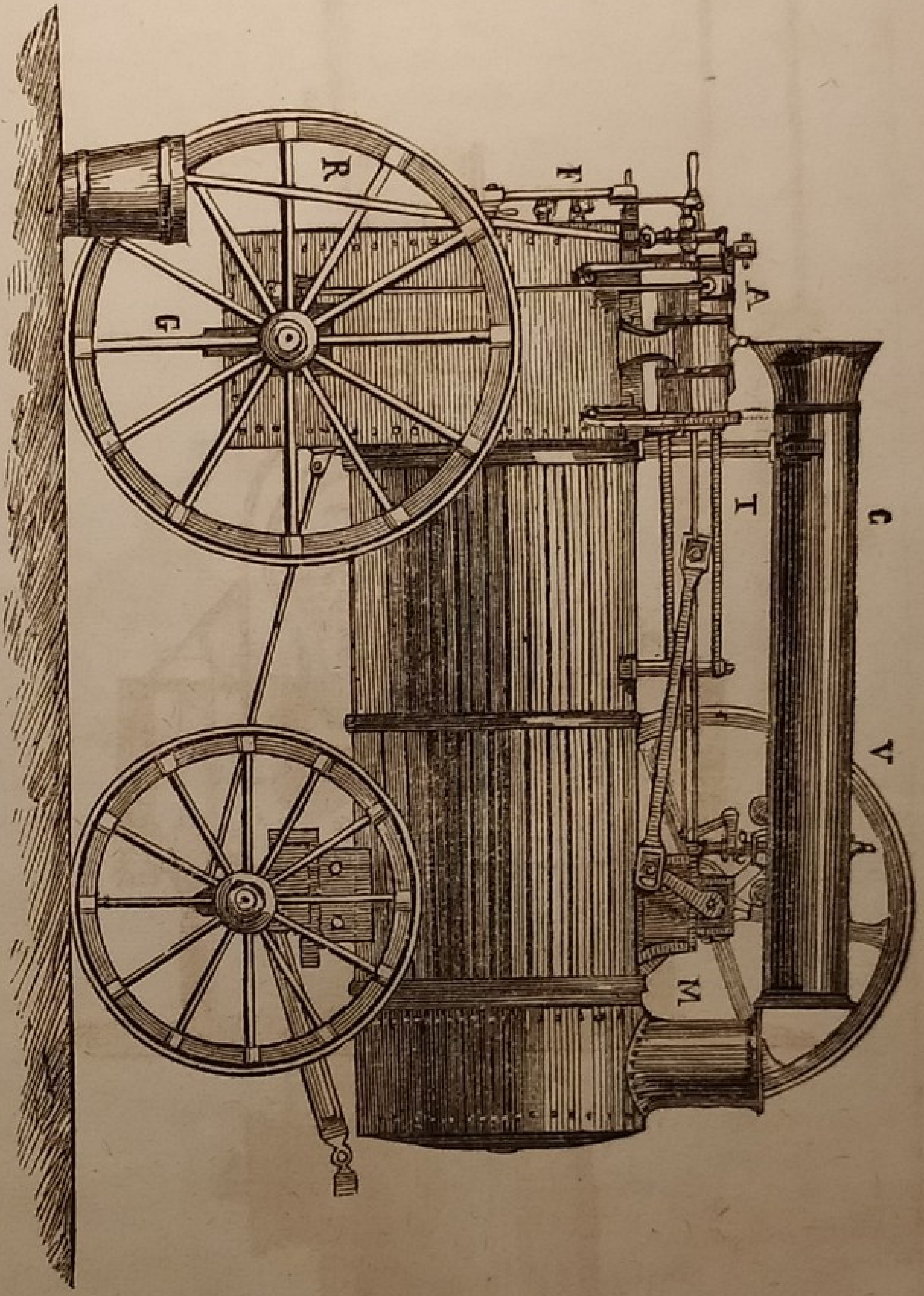
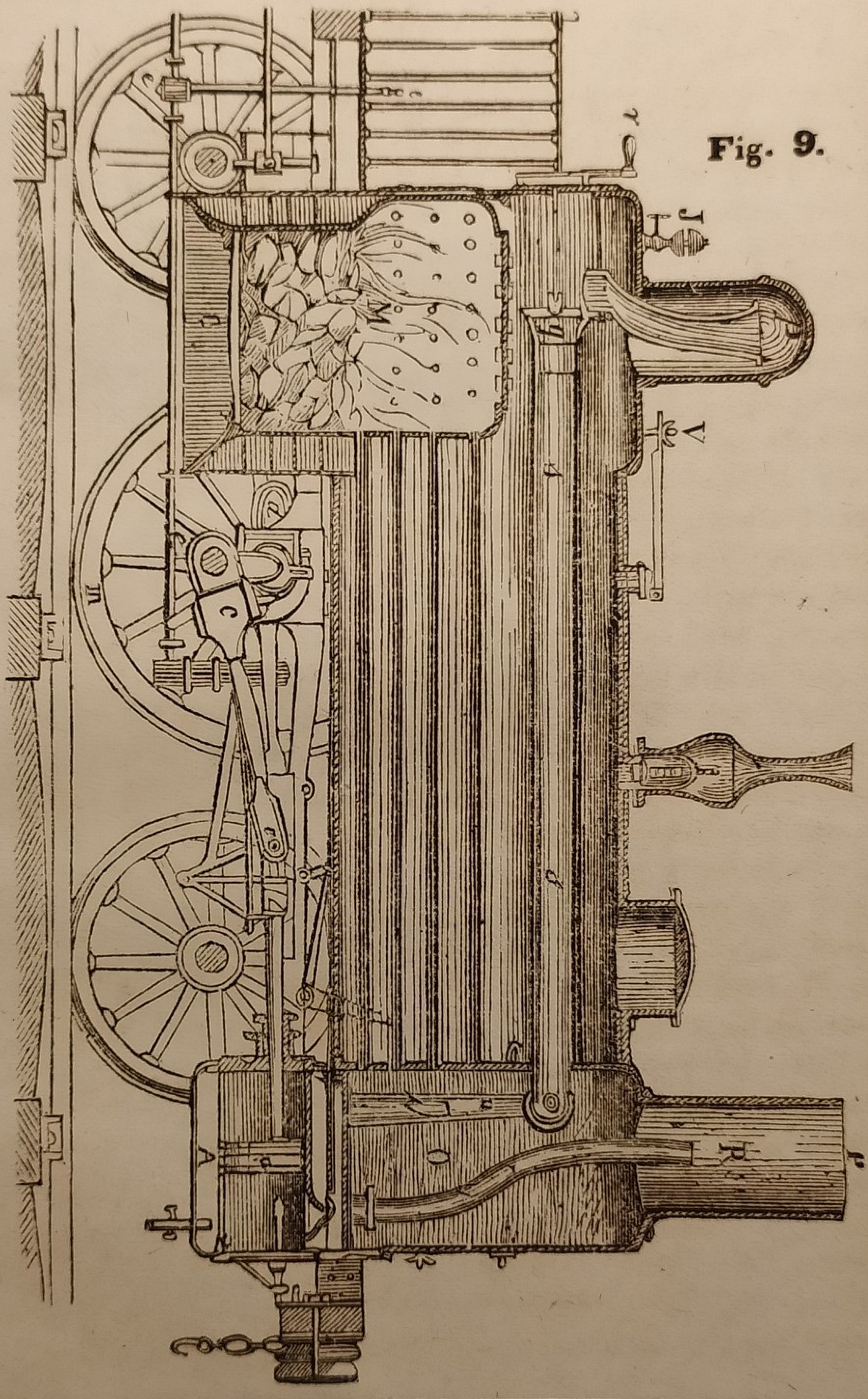


Fig. 11.

Fig. 9.



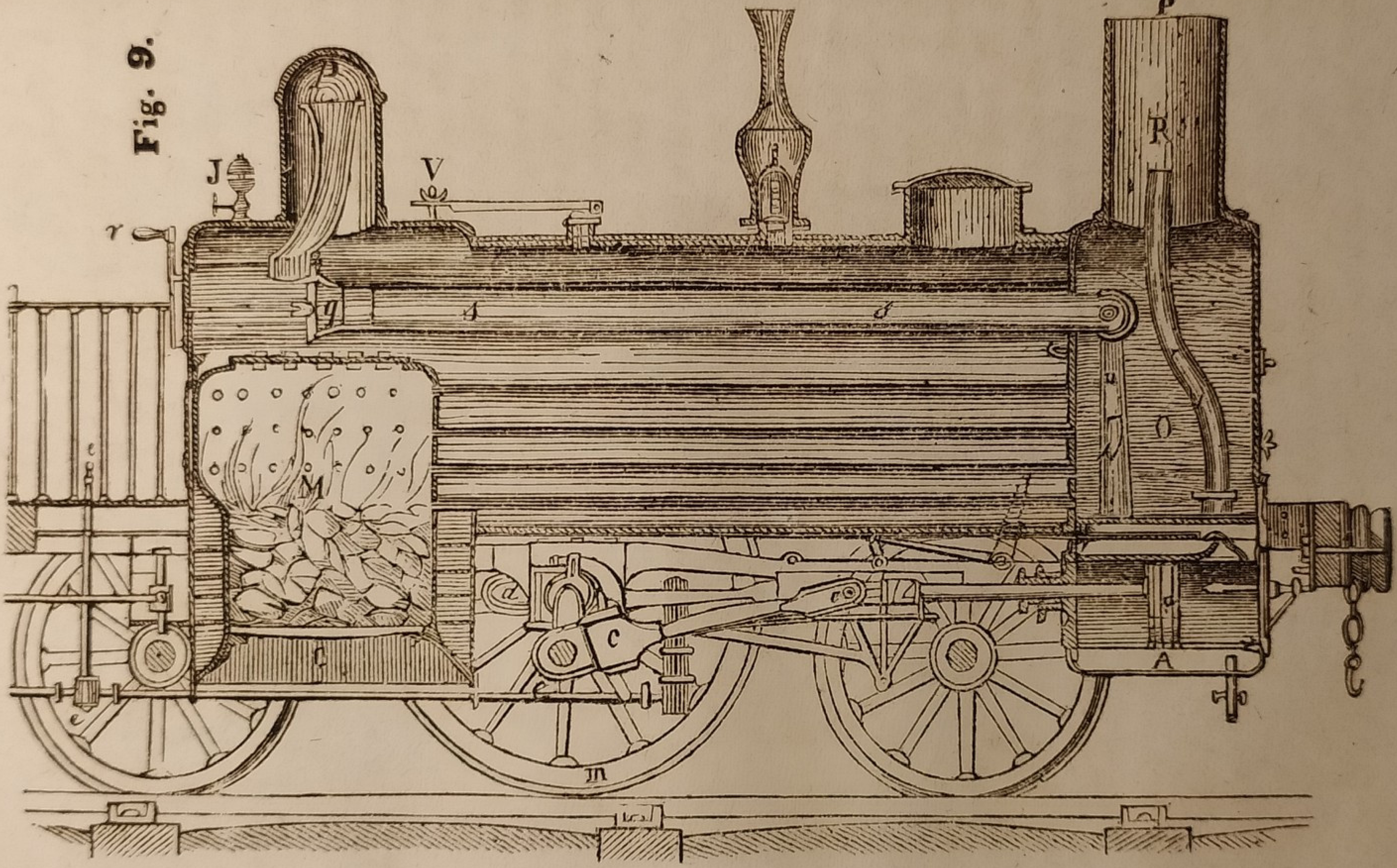


Fig. 9.

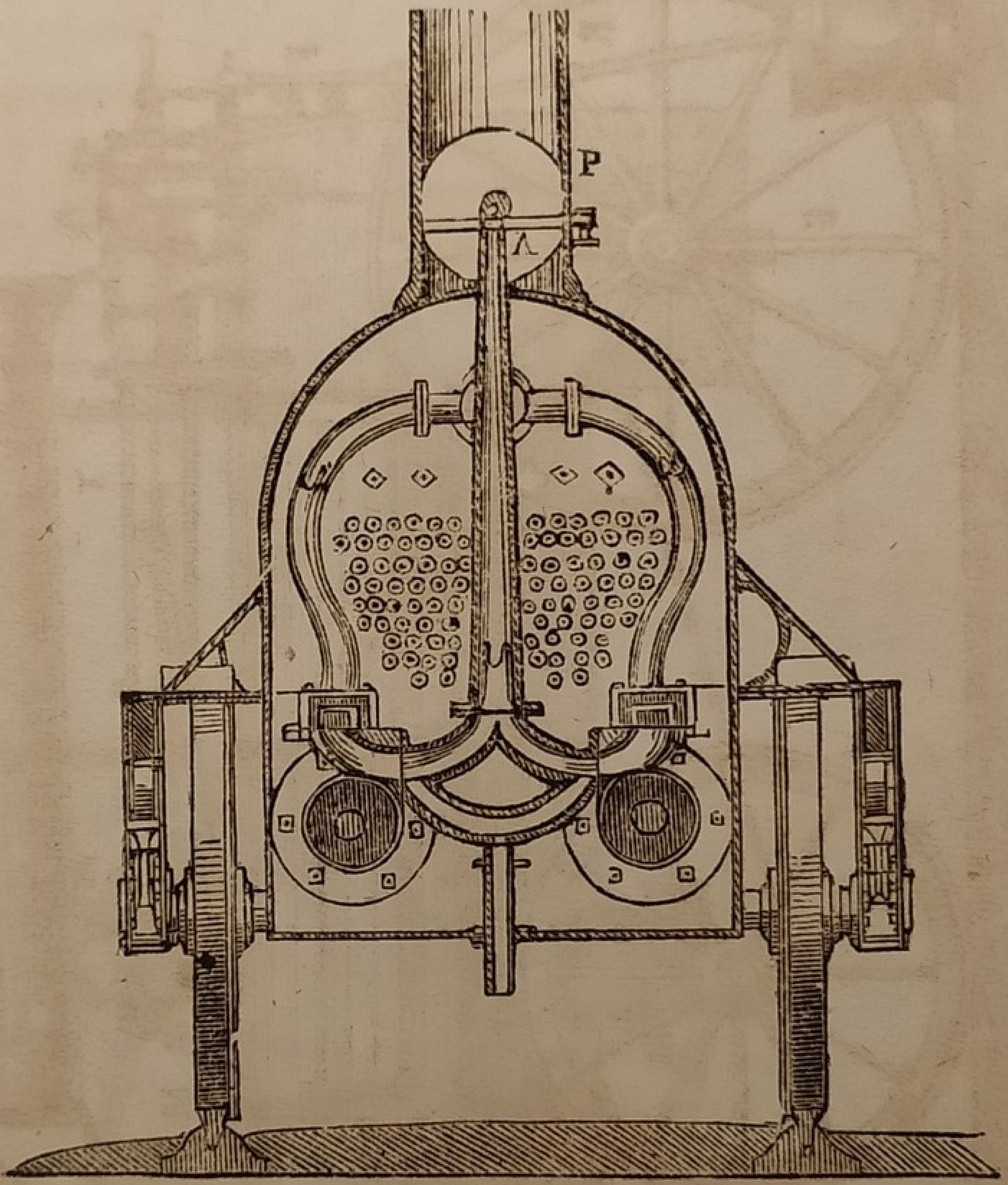


Fig. 10.

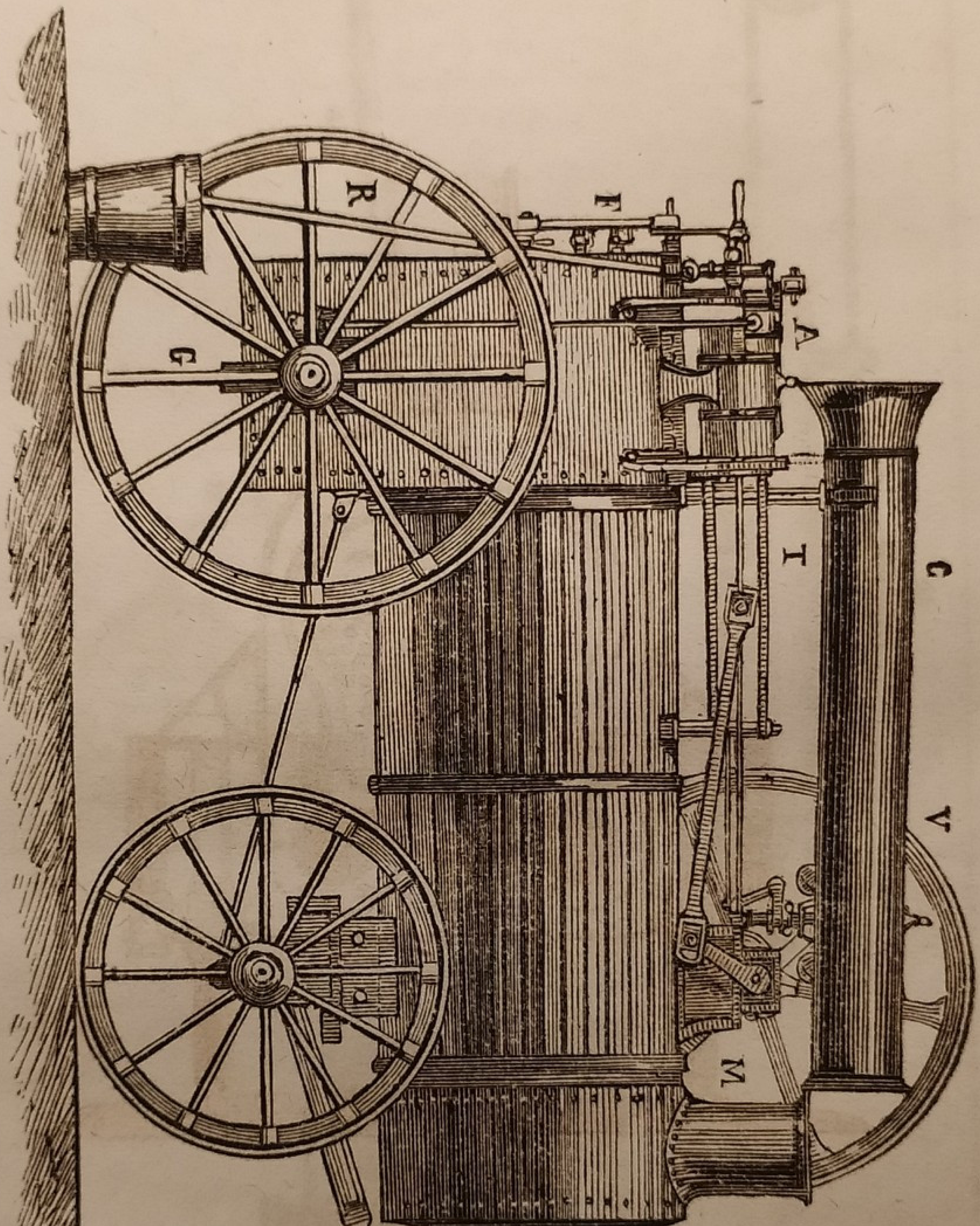


Fig. 11.

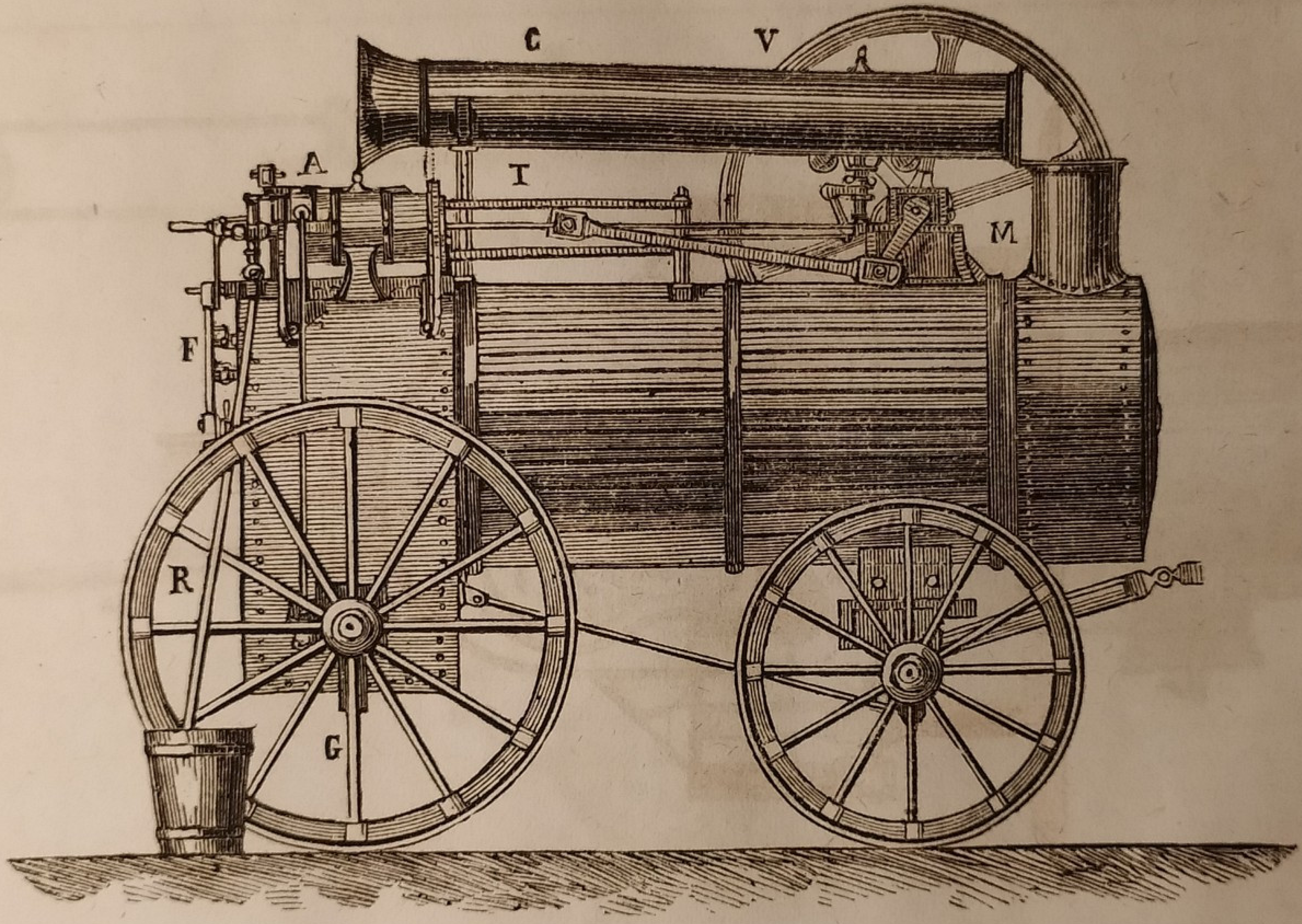


Fig. II.

luogo a Liverpool in Inghilterra l'avvenimento, che determinò la creazione delle ferro-vie europee. I direttori della ferro-via da Liverpool a Manchester avendo deciso adottare per servigio di questa strada l'uso della locomotiva, apersero un concorso invitando i meccanici inglesi a presentare dei modelli di locomotive e fra i tanti che furono prodotti, venne scelto quello dei fratelli Giorgio e Roberto Stephenson, perchè aveano adottato il sistema della caldaia *tubulare* inventata dall'ingegnere Seguin. Tutte le locomotive adunque occorrenti alla suddetta ferro-via furono costruite sopra il modello Stephenson. La felice riuscita dell'uso di questa locomotiva, e la grande velocità di cui sono dotate in confronto di qualsiasi altro sistema fece sì, che questa ferro-via la quale era stata costruita pel trasporto delle sole merci, venne anche utilizzata pel trasporto dei viaggiatori.

Il rapido successo economico di questa ferro-via, fece adottare il sistema *Seguin* da tutta l'Europa. L'Inghilterra, il Belgio, la Germania, la Francia e l'Italia, nel breve periodo di dieci anni dal 1840 al 1850 costrussero innumerevoli strade-ferrate, procurando così vantaggi immensi al commercio e all'industria. Si disse nel 1830, che le ferro-vie avrebbero prodotto nell'attuale società una rivoluzione analoga a quella, che la scoperta della stampa produsse nel secolo XV, e tale predizione si è avverata.

Descrizione delle locomotive in generale, e specialmente di quelle secondo il sistema di Seguin. — La locomotiva è una macchina a vapore ad *alta pressione*, che trascina sè stessa, e che dispone dell'eccesso della sua forza per rimorchiare oltre la sua scorta di acqua e di combustibile, un numero più o meno considerevole di veicoli (*vagoni* e *carri*) carichi di persone e di merci costituenti un così detto *convoglio*.

La *Figura* 9 rappresenta lo spaccato della locomotiva a caldaia *tubulare*, secondo il sistema *Seguin*.

L'apparecchio motore è rappresentato dal cilindro in posizione orizzontale A, la cui asta *b*, attaccata allo stantuffo *a*, e munita di una seconda asta articolata *cc*, va ad agire sopra un raggio della ruota di mezzo *m* per far iscorrere la medesima sui raili. Dalla parte opposta della locomotiva trovasi un altro cilindro orizzontale, e un altro apparecchio simile

a questo, i quali simultaneamente determinano il movimento continuo e progressivo della locomotiva sopra i raili. Il fornello M in cui arde il carbon fossile, trovasi nella parte anteriore della locomotiva, ed è diviso da una graticola di ferro che serve a sostener il combustibile. C, è lo spazio per ricevere la cenere. La caldaia che occupa quasi tutta la capacità interna della locomotiva, è di forma cilindrica, ed è attraversata da un gran numero di piccoli tubi orrizzontali, che per l'ordinario arrivano a cento. Questi tubi, che costituiscono la causa occasionale dell'enorme potenza della evaporazione della caldaia, servono a dar passaggio al fumo ed al gas che si sviluppano durante la combustione del carbon fossile nel fornello, e servono a moltiplicare la superficie calorifera. Tanto il fumo quanto il gas, entrano nei tubi per le loro estremità che sono infisse nella parte anteriore della caldaia la quale sovrasta al fornello M, come puossi vedere dalla stessa *Fig.* 9. Attraversato che abbiano i gas ed il fumo i tubi collocati nell'interno della caldaia, passano nello spazio O, e da questo al camino P, che li porta fuori. Nell'atto che i gas ed il fumo dotati di un'altissima temperatura, quasi eguale a quella del carbone da cui si sviluppano, percorrono i suddetti tubi in tutta la loro lunghezza, riscaldano e fanno bollire in un istante l'acqua della caldaia, che investe i tubi stessi, e riempie gli interstizi fra l'uno e l'altro. Il motivo per cui l'acqua fredda passa così presto allo stato bollente si è, che il calorico emana in un sol tempo da mille punti, e si trasmette all'acqua, la quale fornisce in brevissimo tempo una quantità prodigiosa di vapore. Ora, essendo la forza di una macchina a vapore proporzionata alla quantità di vapore che è diretta in un medesimo spazio di tempo nel cilindro, questa circostanza, cioè il sistema tubulare della caldaia, spiega la potenza straordinaria ch'è propria delle locomotive così costrutte. Una valvola di sicurezza attivata nella parte superiore della caldaia serve a prevenire una troppo forte tensione del vapore, e ad impedire l'esplosione della caldaia che ne deriverebbe, se non fosse munita della valvola.

A mano a mano che si sviluppa il vapore, passa nel cilindro metallico e conformato nella parte superiore *a cupola*, per cui anzi si chiama *cupola del vapore*, il quale è collocato

sopra la caldaia, ed è in immediata comunicazione con essa. Raccolto il vapore in questo serbatoio transitorio, si scarica da sè per la propria forza elastica di espansione, e va ad alimentare i due cilindri orizzontali allogati lateralmente alla locomotiva come si è or ora veduto, introducendosi pella estremità *p* del tubo *q s*, il quale comunica colla cupola del vapore, come può vedersi dalla stessa *Figura*. Adempiuto che abbia il vapore al proprio uffizio nell' interno dei cilindri, vale a dire dopo aver posto in azione i rispettivi stantuffi motori, che scorrono a vicenda da un fondo all' altro dei cilindri stessi, esce da questi, si concentra nel tubo *o u* che lo trasmette colla canna del camino della locomotiva, e finalmente frammisto al fumo ed ai gas, si disperde nell' aria.

Il motivo per cui si fa passare il vapore che esce da' due cilindri nella canna del camino, invece di farlo disperdere immediatamente nell' aria, come si fa nelle macchine fisse ad alta pressione, si è per mantener sempre vivace e accelerare la combustione del carbone, crescendo in tal modo la intensità della fiamma. Questa corrente di vapore che s'introduce in prossimità alla base R del camino, assorbe di continuo e trascina seco l' aria che trovasi nella canna del medesimo, per cui l' aria esterna in forza di tale richiamo, si caccia violentemente per l'apertura nel fornello, e il combustibile si abbrucia colla massima rapidità. E siccome sarebbe stato difficile il provocare una corrente di aria, avente la forza di mantenere la combustione del carbone, e di cacciare il fumo ed i gas dentro i cento piccoli tubi, venne ideato l' ingegnoso artifizio del tubo scaricatore, detto *tubo soffiante*, il quale ha rimediato a tale ostacolo.

La *Fig.* 10, dimostra la forma di questo tubo collocato ad una delle estremità della locomotiva, e propriamente nello spazio in cui i cento piccioli tubi scaricano il fumo ed i gas. I due tubi *vu vu*, che partono da due cilindri orizzontali, e che servono a scaricare il vapore, si riuniscono in un solo il quale è appunto il tubo scaricatore, o *soffiante* A, che si imbocca nella parte inferiore del camino P.

Puossi considerare adunque che il sistema *tubolare* della caldaia, e il tubo *soffiante*, costituiscono l' enorme forza motrice ch' è propria delle macchine a vapore costruite se-

condo il sistema ideato da Seguin nel 1829, come già abbiamo veduto.

(D) Locomobili.

Si dà il nome di *locomobile*, o di *macchina a vapore locomobile*, ad una macchina che si può trasportare e condurre da un punto all'altro, per eseguire sul luogo dei lavori meccanici, la quale essendosi fino ad ora applicata specialmente all'agricoltura, si denomina anche *macchina a vapore agricola*.

Storia. — Questa macchina destinata ad eseguire ed a compiere quasi tutti i lavori proprii dell'agricoltura, vale a dire, arare i campi, seminare, tagliare il frumento, battere il grano e irrigare i prati, ci venne dall'America.

La scarsezza delle braccia, l'alto prezzo della mano d'opera hanno determinato i possessori de' fondi degli Stati-Uniti di America, a sostituire agli operai riguardo ai lavori agricoli, un apparecchio meccanico. Essendo la macchina a vapore il motore più potente, e insieme il più economico, gli Americani spinti dalla necessità, furono i primi ad immaginare e costruire le macchine a vapore locomobili, od agricole.

Dopo l'America, venne adottata la macchina in discorso dall'Inghilterra, e questo paese non ha tardato a fruirne i sommi vantaggi, riguardo alla economia ne' lavori agricoli.

L'Esposizione universale di Londra del 1851, che presentava dieciotto apparecchi di questo genere modellati diversamente, fece conoscere siffatte macchine a tutta l'Europa. La Francia non tardò a profittare di questo insegnamento, e al presente in molte delle nostre provincie, le locomobili sono divenute un utile ausiliario pei lavori della campagna. Fino adesso però, non si adoperano che a battere il grano, e costruire i tubi pel *drenaggio*, ma sarebbe desiderabile che si diffondesse maggiormente l'uso di tali macchine, per l'interesse de' proprietari e degli agricoltori. Non si deve temere che l'introduzione delle macchine nell'agricoltura tolga il lavoro agli operai ed a' giornalieri, perchè è ormai provato dai fatti e dall'esperienza di un non breve periodo di anni

presso tutte le nazioni, che l' impiego delle macchine nelle diverse industrie manifatturiere, lungi dall' aver diminuito il numero degli operai impiegati nelle fabbriche, invece lo aumentò considerevolmente, migliorando la loro sorte (*).

Descrizione della macchina a vapore locomobile. — Essendo questa macchina destinata ad essere posta in opera da uomini poco intelligenti, e poco pratici, e adoperata ad intervalli, per cui di frequente viene smontata, dovea costruirsi colla massima semplicità. Venne quindi ridotta a' primi elementi affatto indispensabili, di maniera che, la locomobile puó considerarsi il principio di una macchina a vapore.

Primieramente nella locomobile il vapore non è mai condensato, perchè la macchina è ad alta pressione, e per conseguenza è libera e sgombra dal pesante apparecchio per condensare il vapore. Riesce quindi di un peso moderato sostenuto da quattro ruote; e provveduta sul dinanzi di un timone, può essere condotta da un solo cavallo pegl' ineguali e tortuosi vicoli che attraversano le campagne.

Come può vedersi dalla *Figura* 11, la locomobile è una macchina a vapore ridotta a' suoi due elementi essenziali che sono, la *caldaia* ed il *cilindro*. F, è il fornello, G, è il raccoglitore della cenere. La caldaia è costruita secondo il sistema *tubulare*, ma i tubi sono in piccolo numero, bastante però a produrre una certa quantità di vapore, con una mediocre quantità di acqua. Il serbatoio dell' acqua necessaria all' alimentazione della caldaia, consiste semplicemente in una piccola tina che si appoggia sul suolo, e si mette in comunicazione colla macchina a mezzo di un tubo R, la quale col suo movimento assorbe quella tal quantità di acqua che le abbisogna.

(*) È a dirsi contro questa asserzione del Figuier che in genere una macchina qualunque coll'aiuto di cinque o sei individui ottiene quel medesimo lavoro, che prima domandava grosso numero di persone e di braccia.

Che le macchine non siano state tanto nocevoli alla classe operaia, come si credeva sulle prime, fu chiarito dal fatto, che le braccia rimaste inoperose per alcun tempo, trovarono a poco a poco impiego in altre industrie, specialmente nell'agricoltura.

L' apparecchio motore od il cilindro è collocato orizzontalmente sopra la caldaia a mezzo di un' asta T, e di un manubrio M; lo stantuffo del cilindro imprime un movimento rotatorio ad un' albero orizzontale posto attraverso della macchina, il quale fa girare una larga ruota o volante V, che sta infisso nel proprio asse egualmente sul dorso della caldaia. A mezzo di una correggia che si ravvolge all' intorno di questo volante, si può eseguire qualsiasi lavoro meccanico adattando questa correggia a quel qualunque meccanismo che dev' essere posto in moto, vale a dire, battere il grano, manovrare delle pompe, tagliare il frumento, arare i campi, e simili. La canna del camino C, è costruita in modo, che puossi abbassare, allo scopo che tal macchina occupi meno posto che sia possibile, quando è in istato di riposo.

CAPITOLO XIV.

L' ELETTRICITÀ STATICA.

La scienza dell' elettricità presso gli antichi, e nel medio-evo. — Questa scienza è del tutto moderna. Tutto quello che ci hanno trasmesso gli antichi intorno a questo soggetto si riduce alla conoscenza della proprietà che ha l'ambra gialla, attraendo a sè corpi leggieri. Talète presso i Greci, 600 anni prima di Gesù Cristo, e Plinio presso i Romani, nel primo secolo dell'êra cristiana, non conoscevano niente di più che questo fatto materiale. Il motivo di tale ignoranza nelle scienze naturali si è, perchè i filosofi antichi non si occupavano gran fatto delle cose terrene, ma invece si lasciavano trasportare dalle cose ideali, e dalle contemplazioni astratte. Gli antichi, i quali hanno spinto tant' oltre le scienze morali e metafisiche, hanno pochissime nozioni intorno alle scienze fisiche e naturali.

Conviene adunque aspettare il fine del secolo XVI per veder nascere lo studio dell' elettricità, e insieme il metodo esperimentale.

Gilbert, ed Otto di Guericke. — Gugliemo Gilbert di Glocester, medico di Elisabetta regina d'Inghilterra, dopo aver istudiato il fenomeno dell' attrazione del ferro dalla calamita, volle studiare l'altro fenomeno, relativo all'attrazione che ha l'ambra sui corpi leggieri. Per fare questa esperienza, appoggiò una spilla simile a quella della bussola, sopra un pernetto di ferro, libera nel suo movimento, e vide, che avvicinando all'ago un pezzo di ambra dopo di averlo bene strofinato, una

delle estremità di esso si dirigeva verso l'ambra per la forza di attrazione. In seguito Gilbert volle assicurarsi se anche delle altre sostanze godessero la proprietà dell'ambra, e venne a conoscere dopo alcune esperienze, che il diamante, il zaffiro, il rubino, l'opala, l'amatista, il cristallo di monte, il vetro, lo zolfo, la cera-lacca, la resina, ed altre ancora, attraevano a sè la spilla dopo essere state strofinate. Ma tali esperimenti isolati non potevano certo condurlo ad una conclusione generale. Mancava ad esso infatti uno strumento per fare delle osservazioni rigorose e con qualche fondamento; egli non avea impiegato, durante il corso delle sue esperienze, che un tubo di una materia suscettibile a sviluppare l'elettricità, strofinato che fosse con un pezzo di lana.

Otto di Guericke borgomastro della città di Maddeburgo verso l'anno 1650, costruì la prima macchina elettrica che i fisici abbiano avuto a loro disposizione. Essa consisteva in un globo di zolfo appoggiato sopra due perni, il quale con una mano si faceva girare velocemente a mezzo di un manubrio, e coll'altra si strofinava con un pezzo di stoffa di lana.

Macchina elettrica di Hauksbée. — Un fisico inglese, per nome Hausksbée, avendo sostituito al globo di zolfo del Guericke un globo di vetro, che occorreva strofinare anche questo, ottenne una macchina elettrica di maggior forza. Sgraziatamente questa macchina non fu addottata e si ritornò al tubo di vetro di Gilbert.

Scoperta del trasporto dell'elettricità a distanza. — Nell'anno 1729, Grey e Vehler fisici inglesi, fecero una grande scoperta, quella cioè, di trasportare l'elettricità lungo certi corpi, ch'essi chiamano *conduttori*. Dalla ripetizione delle loro esperienze, questi due celebri fisici, furono indotti a dividere le sostanze, od i corpi, in *conduttori*, e *non conduttori* dell'elettricità. Essi conobbero che il vetro, lo zolfo, la resina, il diamante ecc., arrestavano il corso del fluido elettrico mentre i metalli, e i liquori acidi od alcalini, l'acqua, il corpo umano, e tutti i corpi animali, lasciavano libero il passaggio al fluido, e lo trasmettevano anzi da un corpo all'altro se si ponevano ad immediato contatto. Grey e Wehler aveano quindi scoperto la trasmissione a distanza dell'elettricità, e divisi i varii corpi o sostanze naturali, in *elettrici* e *non elettrici*,

vale a dire in *conduttori* ed in *non conduttori*. Questi erano i due primi passi, e due passi immensi nella scienza della elettricità ancora bambina.

Dufay. — Fin qui i fatti relativi a questa scienza erano numerosi, ma assai confusi. Occorreva confrontarli fra loro, interpretarli, spiegarli, in una parola era necessario creare la teoria dell'elettrico. Dufay naturalista e fisico francese, membro dell'accademia delle scienze, e predecessore di Buffon, nella intendenza del Giardino delle piante a Parigi, ebbe il merito di gettare le fondamenta di questa teoria. Il sistema di spiegazione de' fenomeni elettrici immaginato da Dufay, servì fino ai nostri giorni a renderci conto dei medesimi in un modo semplice e chiaro. Grey avea diviso i corpi in *elettrizzabili* e *non elettrizzabili* mercè lo strofinamento. Dufay provò invece che tutti i corpi erano *elettrizzabili* e *non elettrizzabili* a condizione che fossero *isolati*, vale a dire tenuti con un manico di vetro o di resina. Fece vedere inoltre che tutte le sostanze organiche devono la loro conduttibilità all' acqua che contengono. Ma il vero merito di Dufay consiste nello avere stabilito i seguenti due principii teorici, ch'egli stesso annunzia con queste parole:

« 1.° I corpi elettrizzati attraggono tutti quelli che non lo
» sono, e li respingono tostochè divengono elettrici pel con-
» tatto, e per la prossimità di un corpo elettrizzato. »

« 2.° Avvi due specie di elettricità, che differiscono l'una
» dall'altra: la elettricità *vitrea*, e la *resinosa*; (*) la prima è
» quella che si sviluppa dal vetro, dalle pietre preziose, dai
» peli degli animali, dalla lana, ecc.; la seconda è quella che
» si ottiene dall'ambra, dalla seta, dal filo, ecc. La proprietà
» di queste due specie di elettrico, è quella di respingersi
» fra loro, o di attrarsi l'una con l'altra. Come per esempio:
» un corpo od una sostanza avente un'elettricità *vitrea*, respinge
» qualsiasi altro corpo che sia dotato della medesima specie
» di elettricità, e viceversa egli attrae tutti i corpi dotati di

(*) Secondo la moderna nomenclatura, l'elettricità *vitrea* dicesi positiva, la *resinosa*, negativa.

» elettricità *resinosa*. Le sostanze resinose egualmente respin» gono le loro simili, e invece attraggono le *vitree.* » (*).

Facciamo notare che il secondo principio può servire a conoscere quale specie di elettricità possegga un corpo elettrizzato, ed ecco in qual modo si ottiene. Avvicinasi al corpo elettrizzato un filo di seta elettrizzata *resinosamente:* se il filo viene attratto, vuol dire che questo corpo è dotato, o carico di elettricità *vitrea;* se il filo viene respinto, in allora il corpo è dotato di elettricità *resinosa.* Tale scoperta suggerì la costruzione di un apparecchio importantissimo in questa scienza, che si denominava *elettrometro,* il quale serve a far conoscere la presenza, la natura, e il grado di fluido elettrico contenuto in un corpo qualunque.

Il nome di Dufay divenne celebre in Francia quando egli dimostrò, che il corpo umano può dare delle scintille elettriche. Montato sopra una piccola piattaforma sostenuta da grossi cordoni di seta proprii ad isolarla, si faceva toccare con un grosso tnbo di vetro strofinato per comunicare l'elettrico al di lui corpo. Un giovine scienzato, il cui nome qualche anno dopo divenne illustre, l'*abbate Nollet,* che in allora era l'assistente di Dufay, faceva uscire delle vive scintille elettriche da qualsiasi punto del suo corpo, qualora avvicinava il proprio dito a quel punto ch'era indicato a piacere degli astanti.

Modificazioni successive della macchina elettrica, fino ai nostri giorni. — Abbiamo detto poc'anzi, che la macchina elettrica di Hauksbee era stata abbandonata. Nell'anno 1733 un fisico tedesco per nome *Boze,* costruì una macchina elettrica, la quale differiva da quella di Hauksbee in ciò, che il globo invece di essere di zolfo, era di *vetro.* La macchina di Boze si componeva in fatto, di un globo di vetro vuoto internamente e attraversato da un asse di ferro sul quale si aggirava col soccorso di un manubrio, mentre una mano bene asciutta posta a contatto colla superficie di questo globo, lo strofinava per isvilupparne l'elettricità. Un conduttore di latta, sul quale si raccoglieva e si conservava il fluido, era tenuto in mano da un uomo montato sopra una piattaforma di pece.

(*) Lo stesso fenomeno avviene fra due aghi magnetizzati. I due *poli* od estremità simili si respingono, mentre i due *poli* diversi si attraggono.

Wolfio ed Hausen modificarono un poco la forma di questa macchina, aggiungendo dei grossi conduttori isolati, sospesi al soffitto della stanza a mezzo di cordoni di seta, od attaccati ad un piedestallo di vetro.

Poco tempo dopo, Winckler, professore di lingua greca e latina all'università di Lipsia, sostituì un *cuscinetto di pelle* alla mano dell'uomo, ma questa modificazione non venne adottata generalmente. Dessa fu respinta dagli scienziati francesi, e specialmente dal celebre abbate Nollet, che costruì la macchina rappresentata dalla *Figura* 1, la quale incontrò il pubblico favore, e quindi ammessa da tutti.

La macchina dell'abbate Nollet è costituita da un globo di vetro A, vuoto nel suo interno, appoggiato sopra due perni il quale si fa girare a mezzo di una grande ruota B, che porta nel di lei contorno scannellato una cordicella che va a ravvolgersi attorno l'asse del globo. Un assistente pone a contatto del globo in rotazione la palma della sua mano, coll'avvertenza che sia bene asciutta, e dallo strofinamento si sviluppa l'elettricità, la quale si accumula sopra il globo di vetro. Questa macchina fu usata per lungo tempo.

Macchina elettrica di Ramsden. — Verso l'anno 1768 un ottico inglese, per nome Ramsden sostituì al globo di vetro di Nollet un grosso disco della stessa materia. Il disco nell'aggirarsi intorno al proprio asse, si confricava contro quattro cuscinetti di pelle ripieni di crini di cavallo, fra quali era costretto a passare; sviluppandosi l'elettrico da questo disco di vetro, passava tosto sopra due conduttori di metallo, isolati a mezzo di piedi di vetro. Nell'anno 1770 l'uso di questa macchina era generale.

Macchina di Ramsden modificata. — La macchina elettrica comunemente impiegata oggidì è appunto quella di Ramsden modificata in questo senso, ch'essa ha *due conduttori* in luogo di uno solo. La *Fig.* 2 rappresenta questa macchina. Ecco in qual modo si deve spiegare lo sviluppo dell'elettricità in questa macchina, e il passaggio del fluido sopra i due conduttori, che doveano raccoglierlo e conservarlo.

L'elettricità positiva sviluppatasi dal disco di cristallo V, a mezzo dello strofinamento, decompone per influenza il fluido elettrico naturale di cui sono dotati i due tubi conduttori

metallici C, C. Le estremità di questi conduttori verso il disco di vetro sono armate di punte, per l'influenza delle quali il fluido naturale di essi resta decomposto. Il fluido *negativo* passa, superando l'intervallo di aria che li separa dal disco, per ricondurre allo stato naturale l'elettricità *positiva* diffusa nel disco medesimo, mentre che il fluido *positivo* resta accumulato sopra gli stessi conduttori. Quattro aste di vetro T T portano ed isolano i due conduttori.

La bottiglia di Leida. — I corpi elettrizzati, esposti che siano liberamente all'aria perdono tosto la loro elettricità, perchè l'aria è un buon conduttore di fluido elettrico. Un fisico di Leida, per nome Mussenbrock si occupava un giorno a saturare di fluido elettrico dell'acqua ch'era in una bottiglia di vetro, sperando che a cagione della cattiva conduttibilità del vetro, l'acqua riceverebbe una più grande saturazione, e la conserverebbe anche più a lungo. Finita l'operazione, e non essendo apparso alcun fenomeno, uno degli operatori assistenti di Mussenbrock, prese con una mano la bottiglia per collocarla altrove, e per accidente avvicinò l'altra mano al conduttore metallico, che trasmetteva nell'acqua l'elettricità della macchina. Quale non fu la sua sorpresa, e il suo spavento nel sentirsi affetto da un fortissimo colpo alle braccia e al petto. Il povero assistente si credette morto, e dichiarò che egli non si esporrebbe ad una seconda scarica simile a quella, se anche gli venisse offerta la corona di Francia!

A Parigi l'abbate Nollet ripetè sopra lui stesso questa esperienza, la quale riuscì tanto bene, che la scossa gli fece cadere di mano il vaso pieno d'acqua. Ripetè l'esperimento a Varsailles alla presenza del re e della corte. Egli diede la scossa elettrica ad una intiera compagnia di soldati, composta di 240 uomini, che si tenevano per mano formando la così detta *catena elettrica*. La scossa fu sentita nel medesimo istante da tutti i soldati, essendo appunto in comunicazione fra loro. Qualche giorno dopo l'abbate Nollet sottomise alla medesima prova i monaci del convento di Chareux. La scossa fu provata simultaneamente da tutte le persone che componevano la catena.

Prontezza del trasporto dell'elettricità, e della scossa. — Tutto il mondo si meravigliava della rapidità prodigiosa

colla quale il fluido elettrico si trasportasse da un punto all'altro, per cui si tentò di misurare la velocità del trasporto di questo fluido. In Francia Lemmonier membro dell'Accademia delle scienze a Parigi, fra le tante esperienze che fece intorno a ciò, merita di essere ricordata la seguente. Diede a tenere in mano ad una persona l'estremità di un filo di rame lungo 250 tese, il quale era attaccato alla macchina elettrica; questo sentì la scossa al momento medesimo in cui vide brillare la scintilla all'estremità opposta, all'atto cioè della scarica. La medesima istantaneità venne osservata in un filo della lunghezza di 12,266 piedi parigini. Questi esperimenti eccitarono l'entusiasmo di tutti i fisici d'Europa.

Costruzione definitiva della bottiglia di Leida. — In Francia Nollet modificò in varie maniere l'esperienza di Mussenbrock, per cui si conobbe, che la forma dell'apparecchio non entra per niente nell'esito. Mussenbrock conobbe in seguito che il fenomeno non ha luogo quando le parti esterne della bottiglia sono umide. Watson in Inghilterra, provò, che la scossa è tanto più violenta quanto più sottile è il vetro, indipendentemente dalla forza della macchina elettrica che la provoca. Bevis, altro fisico inglese, pensando che l'acqua contenuta nella bottiglia e la mano che la tiene, sieno soltanto *conduttori,* sostituì all'acqua pallini di piombo, e foderò la bottiglia al di fuori per due terzi della sua altezza con una sottilissima foglia di piombo, la quale sostituiva la mano dell'uomo. Preparata così la bottiglia, può collocarsi sopra un ceppo di legno, senza che vi sia bisogno di una persona che la tenga in mano.

Questa serie di scoperte, e l'ultima poi che fu quella di foderare con una sottilissima foglia d'oro le parti interne della bottiglia, in luogo di riempirla di pallini di piombo, determinarono i fisici in generale a conformare la bottiglia di *Leida* come viene rappresentata dalla *Fig.* 3, che è appunto quella che usasi al presente, e che si trova in tutti i gabinetti di fisica.

A, rappresenta l'armatura esterna della bottiglia, e C, l'uncino a mezzo del quale la bottiglia si sospende ad uno dei tubi conduttori della macchina elettrica.

Analisi fisica della bottiglia di Leida. — Tutti i fisici

dell'Europa non aveano ancora data la spiegazione teorica del fenomeno offerta da questa bottiglia. L'illustre Franklin, lo scienziato americano fu quello che si occupò ad analizzare i fenomeni di questo istrumento, e che venne a conoscere la causa che li produce.

Quando si mette la bottiglia in comunicazione col conduttore di una macchina elettrica, dalla quale emani del fluido *positivo*, questo passa immediatamente nella foglia d'oro, o come dicesi nella guarnitura interna della bottiglia. Di là il fluido agendo per influenza attraverso il vetro sulla foglia o laminetta di stagno che copre le parti esterne della bottiglia stessa, il fluido *neutro* si decompone, ed il fluido *positivo* viene respinto e va a perdersi nel pavimento. Il fluido *negativo* al contrario viene attratto dallo stagno, ma il vetro che è cattivo conduttore non lo trasmette, per cui non può formare del fluido *neutro* fondendosi col fluido *positivo* che esiste nell'interno della bottiglia. In tal modo si accumula una gran massa di elettricità nelle due guarniture della bottiglia essendochè la foglia di stagno che riveste la bottiglia esternamente e che comunica col suolo, riceve da essa tanta elettricità, quanta può accumularne la foglia d'oro che tappezza le pareti interne della bottiglia medesima. Se pongansi in comunicazione fra loro le due guarniture a mezzo di un arco metallico provveduto nel mezzo di un manico di vetro, ch'è un isolante, le due elettricità positiva e negativa precipitano tosto l'una contro l'altra, e nella loro combustione o fusione producono una brillante scintilla. Se si volesse mettere in comunicazione le due guarniture con ambe le mani, l'esperimentatore riceverebbe una forte scossa, perchè la ricomposizione o combinazione dei due fluidi si formerebbe nell'interno del corpo, provocando uno scuotimento considerevole.

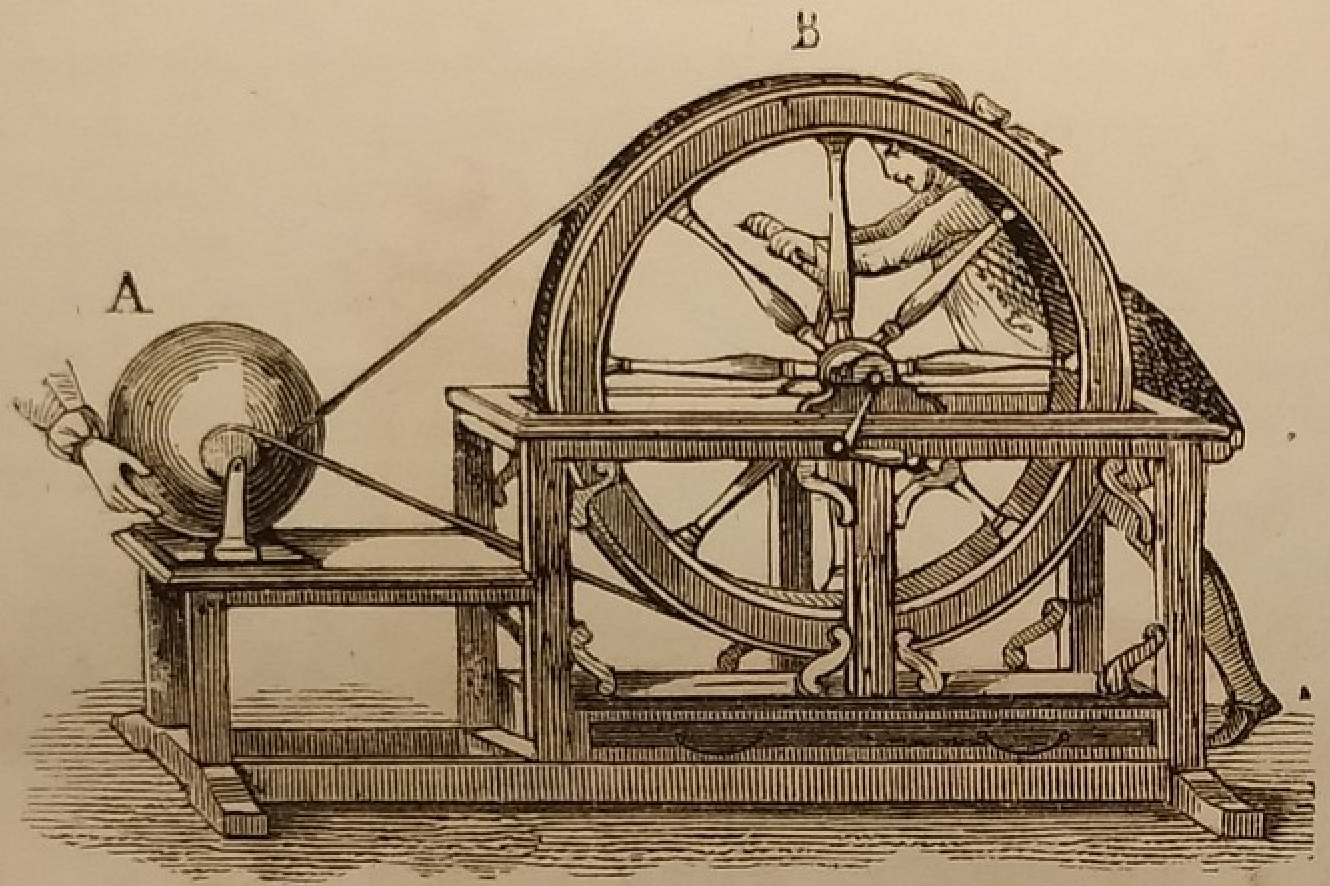


Fig. 1.

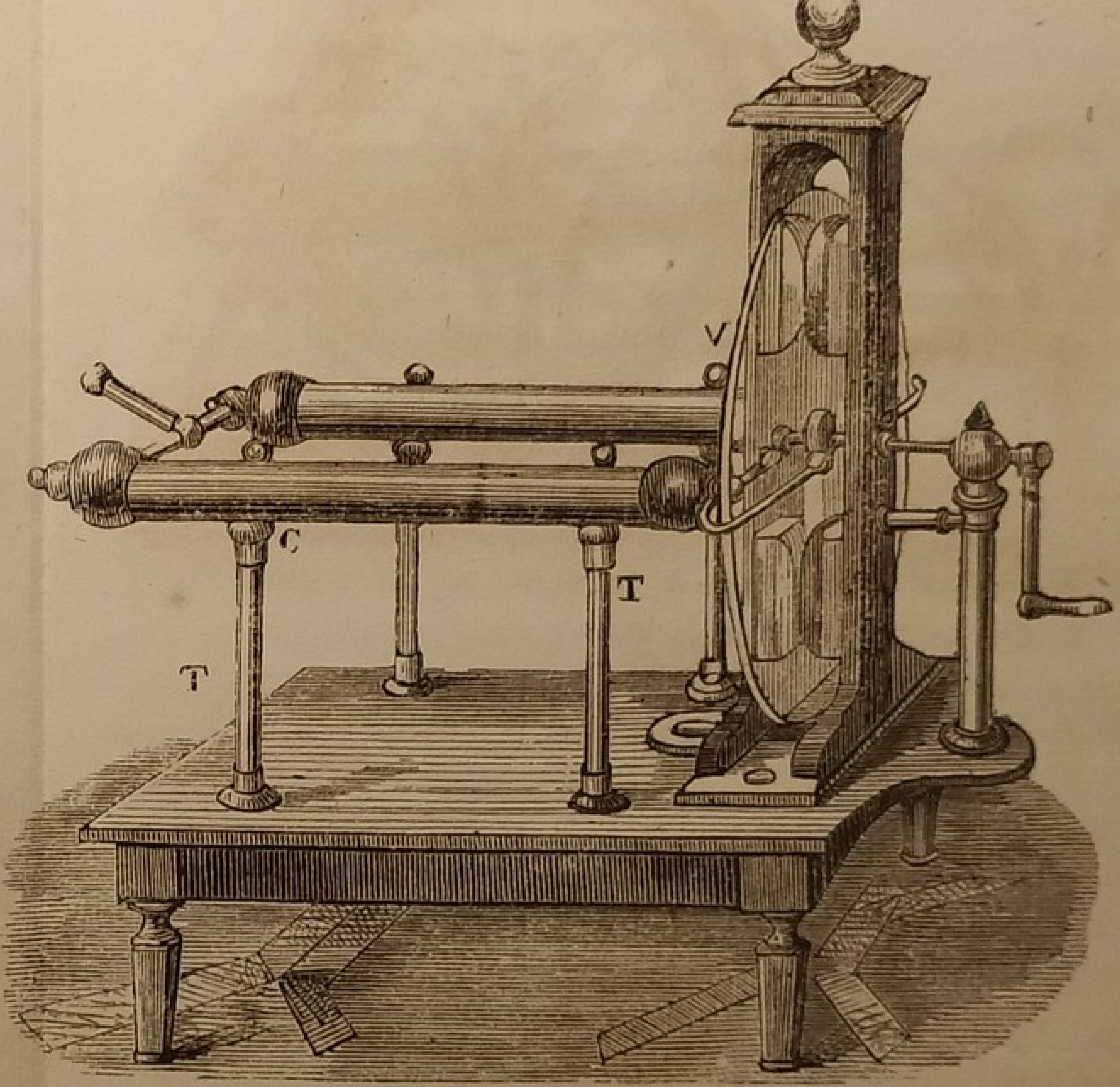


Fig. 2.

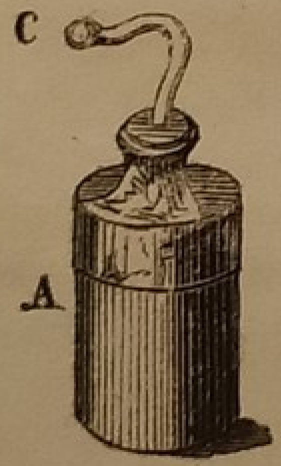


Fig. 3.

CAPITOLO XV.

IL PARAFULMINE.

Opinione degli antichi intorno alla natura del fulmine. — Gli antichi popoli dell'Asia, e più tardi la Grecia e l'Impero Romano, non ostante la progressiva civiltà, consideravano il fulmine come un'arma vendicatrice a disposizione della Divinità per castigare gli uomini. L'idea di attribuire al fulmine un origine divina, ritenendolo una manifestazione della collera celeste, si mantenne per molti secoli presso le varie nazioni del mondo, e anche ai nostri giorni vi sono alcuni fra gl'idioti, e nel basso popolo, che conservano ancora questa sciocca credenza. La scienza moderna stabilì con certezza la causa e la natura del fulmine. Essa dimostrò chiaramente, che il lampo, il tuono ed il fulmine, non sono che la scarica dell'elettricità da una nube all'altra, essendochè questi corpi erranti per l'atmosfera non sono dotati del medesimo grado di elettrico, pe cui l'ecesso va a scaricarsi sul corpo che ne ha difetto. Scoprendo la vera causa di questo fenomeno, il genio dell'uomo rese alla divinità un omaggio più degno e più riverente, di certi tali che si compiacciono di mantenere ancora nel basso popolo questa superstizione, e questo vano timore sotto l'aspetto molale, e religioso.

Studio scientifico del fenomeno del fulmine intrapreso ne'tempi moderni. — Per accingersi a studiare con profitto il fenomeno degli oragani e del fulmine, era necessario che l'uomo fosse fornito di altre cognizioni scientifiche. Dopo il

secolo XVI soltanto, vale a dire, quando si cominciò ad occuparsi seriamente dello studio delle scienze fisiche e naturali, si fecero delle ricerche intorno a questo fenomeno atmosferico, onde conoscere l'origine e la natura di esso, essendochè la scienza e la stessa ragione aveano ormai dissipate le tenebre della superstizione lasciataci in retaggio dai nostri primi padri, e venivano in soccorso dell'uomo perchè potesse investigare una cosa da principio creduta piuttosto divina che umana!

Opinione di Descartes, e di Boerhaave intorno alla causa del fulmine. — Descartes, quell'immortale filosofo che ha tanto contribuito allo incremento delle scienze fisiche moderne, fu il primo che tentò di scoprire la causa del fulmine Egli attribuiva questo fenomeno al calore, che sarebbesi sviluppato dalla caduta di una nuvola sopra di un'altra. Boerhaave, l'illustre medico di Leida, il cui nome godeva in Europa rinomanza, propose in seguito una teoria più convincente di quella di Descartes. In confronto di tutte le opinioni, la teoria di Boerhaave venne accolta favorevolmente e professata in Europa sino alla metà del secolo XVIII. Boerhaave derivava la causa del fulmine dell'accensione che succedeva in mezzo all'atmosfera de' diversi gas o vapori che si sviluppavano, e che emanavano dalla superficie della terra. Quantunque tale teoria fosse inesatta, fu però ammessa generalmente, per cui scorse molto tempo senza che alcuno si occupasse gran fatto di tale fenomeno.

Scoperta dell'analogia del fulmine coll'elettricità. — Si osservò da anni ed anni, che in tempo di notte durante un oragano brillano delle fiammelle, o degli sprazzi lucenti sulla cima degli alberi de' bastimenti, o de' campanili; tale fenomeno non eccitò per molto tempo che una semplice curiosità affatto sterile.

Attivati i parafulmini, questo fenomeno manifestossi egualmente sulle parti metalliche dei medesimi, e dietro attente osservazioni si venne a scoprire che non si presentava sempre nella medesima forma, cioè talora si vedeva un punto luminoso come una stella, talora uno sprazzo di luce a raggi divergenti, simile a un fiocco capovolto. Questa diversa manifestazione del fluido elettrico viene così spiegata dai fisici. La *stella* indica lo scarico dell'elettricità

dalle nubi alla terra, il *fiocco* a raggi divergenti, il passaggio dell'elettricità dal suolo alle nubi che sovrastano alla punta metallica, quando cioè queste difettano di fluido elettrico, per la natura del fluido stesso che tende sempre a equilibrarsi.

L'analogia degli effetti del fulmine con quella della elettricità, non si conobbe che al momento in cui si cominciò a studiare i fenomeni elettrici. A quest'epoca il dottor Wall fisico inglese ci comunicò la sua idea relativa alla rassomiglianza della scintilla elettrica col lampo, e della singolare analogia dello scoppiettìo della scintilla, col rumore del tuono. Nell'anno 1735, il fisico Grey riconosceva con maggior sicurezza la medesima analogia. In Francia l'abbate Nollet pensò, che prendendo a modello l'elettricità si potrebbe formarsi delle idee più giuste, e più verosimili di quanto si era pensato sino allora intorno al fulmine, al tuono e al lampo.

Franklin stabilisce l'analogia probabile del fulmine colla elettricità. — Abbiamo veduto parlando della bottiglia di Leida, che Franklin avea avuto il merito di scoprire la causa del fenomeno di questa bottiglia. Egli rese egualmente maggiore servigio alla scienza, facendo conoscere ad evidenza la grande analogia del fulmine colla scintilla elettrica e sviluppando questa idea molto più dei suoi predecessori.

Franklin non era soltanto un fisico, ma anche un gran cittadino e vero sapiente. Applicandosi seriamente allo studio dei fenomeni elettrici, giunse a fare tali scoperte, che resero immortale il suo nome, e di più, occupavasi anche di morale e di politica.

Figlio di un oscuro fabbricatore di sapone, Beniamino Franklin cominciò come operaio in una fabbrica di candele di sego, poscia compositore di caratteri, e ben presto direttore di una grande tipografia a Filadelfia. Dopo alcuni anni deputato della camera de' Comuni, e finalmente presidente dell'assemblea degli stati della Pensilvania. Ebbe una gran parte, e una grande influenza nella indipendenza degli Stati-Uniti di America, e quando recossi sul suolo francese per sollecitare dei soccorsi a vantaggio del suo paese di già insorto contro la dominazione inglese, fu ricevuto col massimo entusiasmo, e portato quasi in trionfo. Franklin morì nel 1790, lasciando molti

scritti scientifici, e popolari dirette al perfezionamento morale e politico, ma la sua vita fu ancora il più bell'esempio, e il più bell'insegnamento.

La vera storia del fulmine, e l'analogia di questo coll'elettricità, ci vennero e l'una e l'altra dimostrate ad evidenza da questo grand'uomo. Nello stesso tempo che Barberet e Romas alla metà circa del secolo XVIII pubblicavano i loro lavori intorno a quest'argomento, Franklin esponeva come segue nel suo libro intitolato: *Lettere sull'elettricitá*, le ragioni della sua ipotesi la quale attribuisce all'atmosfera la causa del fulmine.

« I lampi sono ondeggianti, e fatti a biscia come la scintilla » elettrica;

» Il fragore del tuono corrisponde allo schioppettio della » scintilla elettrica;

» Il fulmine colpisce di preferenza gli oggetti elevati ed ap- » puntiti, e così del pari qualsiasi corpo che termina in punta » è più accessibile all'elettrico;

» La folgore segue sempre il miglior conduttore e quello » che si trova a lei più vicino, e l'elettricità fa altrettanto » quando si scarica dalla bottiglia di Leida;

» La saetta incendia le materie combustibili, fonde i metalli, » riduce in minuzzoli certi oggetti ne'quali s'incontra, apre » larghe breccie nelle muraglie che servono di ostacolo al » veloce suo corso, ammazza animali, fredda l'uomo in un » istante, ed altrettanto può ottenersi dall'elettricità, rac- » colta artifizialmente dalla macchina elettrica, o da altri » apparecchi dello stesso genere. »

Basato sopra questi principii di confronto, Franklin andò ancora innanzi, ammettendo la ipotesi che applicando una spranga di ferro appuntita sulla cima di un campanile od in qualsiasi altro luogo elevato, e mettendo questa spranga in comunicazione col suolo a mezzo di un filo metallico, potrebbesi forse ottenere di emungere l'elettricità dalle nubi gravide di questo fluido, quando vagando per l'aria in un tempo burrascoso vi passano sopra a breve distanza, e impedirvi così l'esplosione del fulmine. Osserviamo peraltro, che Franklin presenta questa sua idea in astratto e quale ipotesi, e non parla del parafulmine che come di un'esperienza da realizzarsi,

vale a dire come un desiderio, perchè questa seconda sua ipotesi, era appoggiata e subordinata ad un'ultima, quella cioè, che la saetta fosse un *fenomeno elettrico*, ed egli non avea fatto ancora alcuna esperienza propria a determinare l'esistenza dell'elettricità nell'atmosfera e nelle nubi. Egli avea però provato ad evidenza, che un conduttore metallico appuntito, qualora si collochi a breve distanza da un corpo elettrizzato, ha la proprietà di scaricare tutto il fluido elettrico di cui è saturo quel corpo.

Effetto prodotto sopra gli scienziati in Europa, dalle idee del Franklin. — L'ipotesi della natura elettrica del fulmine, e l'esperienza proposta dal Franklin tendente ad anullare gli effetti del fulmine, a mezzo di un conduttore metallico posto verticalmente in un luogo elevato, vennero esposte dal celebre fisico nelle succitate sue *Lettere intorno alla elettricità*: le quali furono pubblicate a Londra in lingua inglese nell'anno 1751. Presentato dall'autore questo libro alla *Società reale delle Scienze* in Londra, non fu a dir il vero troppo bene accolto da quella dotta assemblea, la quale trovò in allora assurdo il progetto d'impedire la formazione del fulmine con una punta metallica collocata sopra un'eminenza qualunque.

Tuttavia malgrado l'opinione sfavorevole di questo corpo accademico, le *Lettere* del Franklin ottennero un grande successo in Inghilterra, e ben presto in tutta Europa.

La Francia sopratutto le accolse con vero entusiasmo. Il celebre naturalista Buffon incaricò uno de' suoi amici, per nome Dalibard, di tradurre in lingua francese il libro del Franklin, prendendosi la briga di rivedere la traduzione prima di pubblicarla. Volle poi eseguire da per sè stesso la esperienza del *parafulmine* proposta dal filosofo americano.

Dimostrazione della presenza dell'elettricità nell'atmosfera. — Allo scopo di verificare quanto valessero le idee preconcette da Franklin, intorno alla natura ed alla causa del fulmine, il Buffon fece all'uopo collocare sulla sommità della torre del suo castello di Montbard, una lunga spranga di ferro appuntita alla sua estremità superiore, e isolata alla sua base da una massa resinosa entro la quale era infissa. Nello stesso tempo lo scienziato Dalibard disponeva un apparecchio simile a questo sul tetto della sua casa di campagna situata a Marly.

Il 10 maggio 1752 scoppiò un oragano sopra Marly. Dalibard si trovava in quel momento a Parigi, ma avea però lasciato alla campagna un suo amico per nome Coiffier, uomo intelligente, al quale avea dato alcune istruzioni in proposito, nel caso che durante la di lui assenza sopravvenisse la burrasca. Coiffier avvicina all'asta di ferro una piccola spranghetta metallica, introdotta in una bottiglia di vetro, affine d'isolarla, preservare sè stesso da qualsiasi offesa, ed accorgesi tosto ch'escono dall'asta di ferro alcune scintille. Chiama subito i suoi vicini, i famigli, e invita anche il curato di Marly, il quale accorre sul luogo sotto una pioggia dirotta, per essere testimonio cogli altri del nuovo fenomeno. Le scintille che uscivano una dopo l'altra a guisa di corrente dall'asta di ferro isolata rassomigliavano a piccioli sprazzi di un colore tendente al *bleu*, e producevano uno scoppiettìo simile a quello, che si potrebbe ottenere battendo leggiermente l'asta di ferro con una piccola chiave.

Qualche giorno dopo Dalibard lesse una memoria all'Accademia delle Scienze di Parigi, intorno a questa nuova esperienza, la quale fu accolta da tutti quegli scienziati col massimo trasporto di gioia, applaudendo a chi la propose, al celebre Franklin, ed a chi pel primo l'avea posta ad effetto. Il 19 maggio 1752, lo stesso Buffon potè alla sua volta eseguire la desiderata esperienza, la quale ebbe lo stesso effetto di quella fatta dal Dalibard nove giorni prima, avendo ottenuto un gran numero di scintille elettriche dalla spranga di ferro sulla cima della torre del suo castello a Montbard.

Queste esperienze si ripeterono a Parigi, e poscia per tutta la Francia. Lemonnier scoperse la presenza dell'elettricità nell'atmosfera, anche in un tempo sereno, il qual fatto riuscì della massima importanza per la scienza, perchè fino allora credevasi, che l'elettricità non si sviluppasse, e non si raccogliesse che in mezzo ad una massa vaporosa, come sono appunto le nubi sparse per l'aria.

A Nerac, il fisico Romas, modificò i mezzi per eseguire tale esperienza, e venne a conoscere che quanto più era elevato sul livello del mare il sito in cui si collocava la spranga metallica tanto più numerose, frequenti, e forti erano le scintille emesse dalla spranga medesima. Egli pensò allora di collocare

de' conduttori elettrici più in alto che fosse possibile, vale a dire nella regione delle nubi, onde togliere qual novello *Prometeo* il *fuoco al cielo!* Noi vedremo in appresso come egli abbia potuto riuscire.

Morte del fisico Richmann a Pietroburgo. — L'esperienze da noi or ora riportate non erano scevre da pericolo come pur troppo lo ebbe a provare la triste fine del professore Richmann, membro dell'Accademia imperiale di Pietroburgo, il quale perì colpito dal fulmine, ripetendo la medesima esperienza, eseguita da tanti altri fisici prima di lui.

Richmann avea innalzato sopra il tetto della sua casa un conduttore elettrico, che passava nel suo gabinetto di fisica attraversando il soffitto. Questo conduttore era stato isolato con molta cura, di maniera che la elettricità atmosferica attratta dalla punta metallica e accumulata nel conduttore, non avea alcuna uscita per perdersi nel suolo.

Il giorno 6 agosto 1753 scoppiava un violento oragano sulla città di Pietroburgo. Richmann era già entrato nel suo gabi netto, e preso in mano un elettrometro, si disponeva a misurare l'intensità del fluido elettrico, tenendosi ad una certa distanza dal conduttore per evitare le forti scintille che partivano da quello. In questo momento entra nel gabinetto l'incisore Solokon, Richmann fa un solo passo avanti come per incontrarlo, ed essendosi accostato di troppo per inavvertenza al conduttore, un globo di fuoco turchiniccio come una noce, si scarica ad un tratto, lo colpisce alla fronte e lo stende morto sul pavimento.

I cervi-volanti elettrici. — Le punte metalliche, che servivano ad attingere l'elettricità dall'atmosfera non permettevano di raccogliere questo fluido, che ad una mediocre altezza. Per giungere adunque alle più alte regioni dell'aria due fisici immaginarono, quasi contemporaneamente e senza sapere l'uno dell'altro, il così detto *Cervo-volante elettrico*. Questi due fisici erano: Franklin in America, Romas di Nerac in Europa.

Nel mese di luglio del 1752 Romas comunicò sotto sigillo di segretezza ad alcuni amici il progetto ch'egli avea concepito di lanciare nell'aria durante un oragano un cervo-volante armato di una punta metallica. Il 14 maggio 1753

fece la sua prima esperienza, che non riuscì, perchè la funicella attaccata al cervo-volante non essendo abbastanza conduttrice, non avea potuto trasmettere il fluido elettrico al suolo. Per rimediare a questo difetto egli attortigliò un filo di rame alla funicella in tutta la sua lunghezza ch'era di 260 metri.

Il 7 giugno 1753 era un giorno burrascoso, e Romas fece una magnifica esperienza. Egli attaccò alla parte inferiore della funicella un cordoncino di seta quale isolante, assicurandolo ad un grosso macigno. Verso l'estremità della funicella armata del filo di rame, e senza toccare il cordoncino di seta, sospese un cilindro di latta il quale comunicando col filo di rame potesse raccogliere il fluido elettrico, e tramandarne le scintille. Questo tubo metallico era infisso in un tubo di cristallo. Dapprincipio si sviluppavano da questo cilindro delle deboli scintille, e gli spettatori ch'erano in gran numero se ne ridevano della minaccia dell'oragano. Ma ben presto si acrebbe la corrente elettrica a dismisura, per cui Romas si affrettò di allontanare i curiosi. Rimase solo Romas con un semplice assistente, fece partire dal cilindro delle strisce di fuoco che si prolungavano un piede allo incirca il cui fragore all'atto della scarica era inteso alla distanza di 500 passi.

Un continuo rombazzo simile a quello della fiamma spinta dal violento soffio del mantice di una fucina, un fortissimo odore di zolfo emanato dal conduttore, un cilindro luminoso da' 3 a' 4 pollici di diametro all'intorno della funicella, questi erano i tre fenomeni della più alta importanza, che Romas osservava con calma, e con una fermezza straordinaria. Ma l'esperienza facevasi molto pericolosa, per cui l'esperimentatore giudicò esser cosa prudente di sospenderla, di non iscaricare altre scintille. Non appena Romas, avea allontanato lo scaricatore dal cilindro di latta che trovavasi alla distanza di un piede poco più dal suolo, essendosi accumulato sopra di esso una gran quantità di fluido elettrico, fece una scarica così copiosa verso il terreno, che la detonazione fu intesa fino al centro della città di Nerac.

Nel 1757 Romas continuando le sue pericolose esperienze, ottenne a mezzo del *cervo-volante* delle strisce di fuoco lun-

ghe da' 9 a' 10 piedi, e il loro scoppio rassomigliava ad un colpo di pistola. Nerac faceva tutti questi arrischiati esperimenti alla presenza della folla, che stupefatta ammirava la sua audacia, e il suo sangue freddo.

La originalità di queste prove scientifiche che abbiamo esposto, venne contrastata allo stesso autore mentre viveva e lo fu anche per qualche tempo dopo la sua morte. Si diceva, che Romas avea copiato Franklin, il quale dopo aver avuto la notizia dell'esperienze fatte da Dalibard e da Buffon sopra la spranga di ferro isolata, avea lanciato in aria un *cervo-volante* munito di una punta metallica, nelle pianure di Filadelfia nel mese di settembre 1752, e che Romas facesse la sua prima esperienza il 14 maggio 1753, vale dire *otto mesi* dopo di Franklin, per cui Romas, avrebbe avuto un tempo più che sufficiente per avere le più minute nozioni intorno alla esperienza del *cervo-volante* di Franklin. Ma ormai è provato e conosciuto, che Romas avea già comunicata la sua vergine idea del *cervo-volante* ad alcuni amici, sotto solenne promessa di mantenere il segreto, e poscia in via confidenziale all'accademia delle scienze di Bordeaux, sino dal mese di luglio del 1752, vale a dire due mesi prima, che Franklin lanciasse in aria il suo *cervo-volante*. Cause indipendenti dalla volontà del fisico di Nerac protrassero suo malgrado la prima esperienza del *cervo-volante* al 14 maggio 1753. Egli è adunque ormai provato che Romas non copiò Franklin, e che l'originalità di una così bella esperienza non può essergli contrastata da chicchessia.

Cervo-volante elettrico di Franklin agli Stati-Uniti in America. — Franklin nel 1 settembre 1752 faceva in una vasta pianura situata ne' contorni di Filadelfia la prova di un *cervo-volante* elettrico, ed otteneva, con una gioia indescrivile, delle non dubbie manifestazioni elettriche a mezzo della funicella di canape cui era attaccato il suo *cervo-volante*. Se la esperienza del fisico americano è anteriore circa la data a quella del fisico francese, essa fu però inferiore riguardo alla vivezza della luce emanata dalle striscie di fuoco, e al fragore dello scoppio, che il nostro compatriota ebbe a ottenere dalle sue ardite esperienze.

Ora, dal complesso di tutte le annunziate esperienze eseguite

e ripetute da' più celebri fisici dei due mondi possiamo essere capacitati della presenza dell'elettricità libera nell'atmosfera, anche quando il cielo è sereno, della natura elettrica del fulmine, e della possibilità di prevenirne gli effetti disastrosi a mezzo della punta metallica, posta sopra le torri e gli alti edifizii, vale a dire a mezzo del così detto *parafulmine* proposto dal Francklin.

Il primo parafulmine. — Fu nell'anno 1760 che Franklin fece costruire il primo parafulmine sopra il tetto della casa di un ricco negoziante di Filadelfia. Questo era costrutto da una bacchetta di ferro lunga nove piedi e mezzo, ed avente alla estremità inferiore un mezzo pollice di diametro, assottigliandosi poi a poco a poco verso l'estremità inferiore, fino a che riducevasi in punta. Questa bacchetta era assicurata ad un'asta di ferro più grossa, infissa nel tetto della casa, e a questa era attaccato il conduttore il quale discendeva lungo la muraglia del fabbricato, e s'internava nel terreno fino alla profondità di cinque piedi. Pochi giorni dopo che fu applicato il parafulmine a questa casa, scoppiatovi un fulmine andò a seppellirsi nel suolo, percorrendo il conduttore e non recando alcun guasto al fabbricato.

Accoglimento fatto in Europa al parafulmine Franklin. — L'America aveva accolto con vero entusiasmo la scoperta del parafulmine, considerandolo un benefizio alla pubblica sicurezza e all'umanità, ma per contro in Europa trovò una seria opposizione che durò non pochi anni.

Nella Gran Brettagna per l'odio che si portava a Franklin, come uno degli eccitatori principali nella emancipazione degli *Stati Uniti*, venne respinta la scoperta americana, o almeno si pretese di modificarla in maniera da render nullo il merito dell'inventore. Il parafulmine proposto dal Franklin terminava in punta all'estremità superiore; i fisici inglesi decisero, che il parafulmine terminante in punta era un apparecchio assai pericoloso, e che occorreva sostituirvi un'asta terminante a palla, eresia scientifica, che rese ridicoli gli scienziati inglesi di quel tempo, tristi adulatori dei rancori di un re, e gonfi di un vano amor proprio nazionale.

In Francia i principii del parafulmine furono egualmente

sfortunati. L'abbate Nollet, ch'erasi dichiarato avversario di Franklin, non poteva nè doveva approvare la di lui invenzione, e siccome il Nollet in Francia era l'oracolo di quel tempo in materia di *elettricità*, l'adozione del parafulmine incontrò presso noi gravissimi ostacoli. Fino dall'anno 1782 la Francia respinse l'introduzione di questo apparecchio, che il Nollet avea proclamato pericoloso, più che ministro di salvezza.

I primi parafulmini che si attivarono sul suolo francese, comparvero nelle provincie del mezzogiorno, ed essendo stata prontamente conosciuta la loro efficacia benefica, furono tosto attivati anche a Parigi, e in altre città della Francia.

In Inghilterra, venne introdotto l'uso de' parafulmini soltanto nell'anno 1788. Il gran duca di Toscana, e l'imperatore d'Austria adottarono questo nuovo trovato all'incirca in quel tempo. Ben presto tutte le nazioni di Europa misero a profitto l'americana invenzione, e l'abbate Nollet era vissuto abbastanza per vedersi l'ultimo del suo partito e della sua mal fondata opinione, intorno a' pericolosi effetti del parafulmine.

Principii e regole per la costruzione de' parafulmini. — Un parafulmine si compone di un'asta cilindrica di ferro appuntita, collocata in luogo eminente all'aria aperta, e di un conduttore dello stesso metallo, attaccato alla estremità inferiore dell'asta, ed internantesi sotterra per alcuni piedi.

Ecco le condizioni richieste per assicurarsi che il parafulmine non possa essere pericoloso:

1. La punta dell'asta dev'essere moderatamente acuta e abbastanza forte, onde non esser fusa da un fulmine che la colpisse.

2. Il conduttore dev'essere internato per *quattro* o *cinque piedi* nel suolo.

3. Dalla estrema punta dell'asta del parafulmine, fino alla estremità inferiore del conduttore, non deve esistere alcuna soluzione di continuità, vale a dire, non dev'esservi la minima interruzione o impedimento; altrimenti in quel punto avverrebbe la scarica dell'elettricità, e produrrebbe i medesimi effetti del fulmine.

Crediamo opportuno indicare il miglior modo di costruire

un parafulmine acciocchè riesca buono e sicuro, e perchè abbia le qualità che abbiamo or ora indicate.

L'asta invece di essere di un solo pezzo di ferro sarà invece costruita di tre pezzi uniti insieme, della lunghezza complessiva di *nove metri*, vale a dire: un'asta di *ferro* lunga *metri* 8. 35, una bacchetta di *ottone* lunga *Cent.* 60, ed una punta di *platino* lunga *Cent.* 5. Il platino è un metallo che non si ossida mai, anche rimanendo continuamente esposto alle intemperie dell'atmosfera, e appunto per ciò onde migliorare il parafulmine, si convenne di fare la punta del medesimo di questo metallo inalterabile, essendo gli ossidi metallici un cattivissimo conduttore dell'elettricità. Un parafulmine che avesse la punta ossidata non servirebbe a nulla, perchè il fluido elettrico non verrebbe attratto.

Dapprincipio il conduttore di un parafulmine era un filo di ferro della grossezza di *un centimetro* poco più, ma in seguito venne sostituita al filo una riga o verga piatta di ferro, larga *due centimetri*, e dello spessore di *cinque millimetri* allo incirca, essendochè questo conduttore oltre di essere di maggior durata, si presta meglio alla trasmissione del fluido elettrico, e lo accumula in maggior copia. La lunghezza dei conduttori elettrici richiede, che questi sieno costituiti di più pezzi di ferro, per cui devesi usare molta cura e diligenza nella loro unione. Ogni giuntura dev' essere coperta all' intorno da una forte saldatura di stagno, il quale raffreddandosi convertesi in una corteccia che difende il punto di riunione delle verghe metalliche, e impedisce l'infiltramento della pioggia negli interstizii della giuntura, evitando così l' ossidazione del ferro. Il conduttore viene assicurato dalla cima al fondo e mantenuto al suo posto da piccioli sostegni o puntelli di ferro infissi nel muro del fabbricato a convenienti distanze.

Nel caso che un fabbricato munito del parafulmine si trovasse in vicinanza di qualche fiume o canale, sarebbe molto opportuno di porre in comunicazione il conduttore coll'acqua, essendochè il fluido elettrico viene attratto più facilmente, e si scarica in maggior copia. A tal uopo si fa passare il conduttore entro un piccolo canale costruito in pietra cotta, e ad una conveniente profondità ripieno di carbon dolce fatto

in minuzzoli, il quale oltre di essere un buon conduttore dell' elettricità per cui si accelera la scarica del fluido, difende dall' umidità il conduttore metallico, e ne ritarda la ossidazione.

I parafulmini suggerirono agli scienziati l' idea dei *paragrandini*, e fino dal 1802 il distinto fisico francese Le Normand pubblicò una *memoria* intorno ai paragrandini da lui inventati a beneficio della agricoltura. Moltissime esperienze e molti opuscoli in Francia e in Italia si occuparono dopo quell' epoca dei paragrandini; ma le parole del celeberrimo Volta in una sua lettera da Como del giorno 9 luglio 1823 al presidente dell' Ateneo di Treviso tolsero ogni speranza di buon successo. Il Volta asserì: « che dai paragrandini si otterrebbe bensì l' effetto desiderato, se potessero essere spinti ad una grande altezza; ma che non essendo le pertiche che si collocano nei campi a ciò suscettibili, così le punte metalliche di cui sono fornite non potranno mai esercitare alcuna influenza sul fluido elettrico che trovasi nelle nubi, e potrebbero giovare soltanto nei luoghi montuosi, dove poi la coltivazione delle biade è assai rara e si restringe soltanto alla coltivazione delle viti e degli ulivi, e non dapertutto. Essere quindi la scoperta del signor Le Normand bellissima e commendevole in teoria, ma insufficiente nella pratica.

CAPITOLO XVI.

LA PILA DEL VOLTA.

Galvani prepara la scoperta della pila del Volta. — Fin verso il termine del secolo scorso i fisici non aveano conosciuto che la elettricità ottenuta a mezzo di macchine a strofinamento, vale a dire la *elettricità statica*. Nel 1791 Luigi Galvani professore di anatomia nell'università di Bologna pubblicò un suo lavoro scientifico, risultato di undici anni di studio e di reiterate esperienze, con cui annunziava la esistenza dell'elettricità sotto la forma di *corrente continua*. L'elettricità in movimento, ovvero la elettricità *dinamica*, venne quindi rivelata all'uomo per la prima volta da un illustre italiano. Questa scoperta ch'è un nuovo ramo delle scienze fisiche, fu assai feconda di meravigliose, e d'importanti applicazioni. Daremo quindi un'idea de' lavori, e dell'esperienze del Galvani.

Nell'anno 1780, Galvani un giorno appoggiò per accidente sopra il zoccolo di legno che serviva di sostegno alla sua macchina elettrica una rana, alla quale avea tagliato con una forbice gli arti inferiori, in modo, che rimasto intatto il muscolo principale di ambe le coscie, restavano sospesi e attaccati al tronco della spina dorsale. Galvani si accorse che avvicinando la punta del suo coltello alternativamente, or all'uno, ora all'altro de' muscoli e del nervo crurale della rana, mentre contemporaneamente si faceva scaricare una scintilla dalla macchina, manifestavansi delle violenti contrazioni ne' muscoli dell'animale. Questo fenomeno che riusciva nuovo per l'esperi-

mentatore, lo spinse ad indagarne la causa e trovò, che rimasta la rana per qualche ora in vicinanza della macchina, rimaneva elettrizzata per influenza, e che quando si faceva scaricare il fluido elettrico accumulato sul conduttore, cessando la influenza, veniva a formarsi nel corpo dell'animale il fluido neutro, che produceva quelle violenti contrazioni. Persuaso di questo fatto, il celebre fisico non si arrestò nelle sue esperienze, e continuò per altri sei anni i suoi studii intorno all'azione del fluido elettrico su' corpi viventi, allo scopo di conoscere per qual motivo la scarica della macchina elettrica producesse violenti contrazioni muscolari negli animali viventi. L'accidente lo indusse a fare un'osservazione fondamentale, che in seguito divenne il germe della scoperta della pila del Volta.

Il 20 settembre 1786 volendo fare il Galvani un'osservazione relativa alla influenza dell'elettricità atmosferica sulle contrazioni muscolari della rana, passò un sottil filo di ramo attraverso la midolla della spina dorsale di una rana preparata come abbiamo più sopra veduto, e appese l'animaletto a mezzo di questo filo di rame alla balaustra di ferro della terrazza della sua casa. Nessun fenomeno emerse in tutto il giorno, ma verso il tramonto annoiato del mal esito s'immaginò di strofinare vivamente il filo metallico contro la spranga di ferro della balaustrata onde rendere più simpatico il contatto de' due metalli. Osservò tosto, che le membra della rana si contraevano, e questi moti muscolari si ripetevano ogni qualvolta il filo metallico si poneva a contatto colla spranga di ferro. La macchina elettrica, e altri istrumenti fisici non indicavano la presenza del fluido elettrico in quella periferia, e quindi le contrazioni muscolari erano indipendenti da qualsiasi causa esterna, il fluido elettrico si conservava nella rana, ed ecco persuaso il Galvani della esistenza di una *elettricità animale*, come già egli avea da molto tempo supposto.

Galvani ripetè il giorno dopo questa esperienza nel suo laboratorio. Collocò sopra una piastra di ferro un'altra rana preparata come il solito, passò un sottil filo di rame attraverso i muscoli lombari e la midolla della spina dorsale; a ciascun contatto del filo metallico colla piastra di ferro si riproducevano le contrazioni muscolari.

Da siffatte esperienze il Galvani credette di poter stabilire

il principio, che il muscolo animale è una bottiglia di Leida organica, che il nervo fa le veci di conduttore, che la elettricità *positiva* risiede nell'animale stesso, e passa dall'interno del muscolo al nervo, e dal nervo al muscolo attraverso l'arco metallico eccitatore. Molti altri fisici posteriori al Galvani, e alcuni anche a' nostri giorni hanno riconosciuto la esistenza di una corrente elettrica ne'corpi animali, per cui venne pienamente confermata la teoria in proposito dell'illustre professore di Bologna.

Differenze di opinioni fra il Galvani e il Volta. — Quasi tutt'i fisici ed i fisiologi adottarono il principio del Galvani, ma un celebre fisico pure italiano si fè oppositore formidabile contro una tale teoria, il famoso Alessandro Volta, che divenne in seguito ancora più celebre dopo la scoperta e la costruzione della sua *pila*.

Opponendosi affatto alla teoria del Galvani, Volta invece ammette la presenza del fluido ne' metalli. Quando l'arco metallico che mette in comunicazione i muscoli lombari co' nervi crurali è formato da due metalli diversi, dice il Volta, è il contatto di questi che sviluppa la elettricità, la quale poi passando negli organi della rana, vi produce le contrazioni. Quando poi l'arco eccitatore è formato di un sol metallo, allora è la natura diversa degli umori che umettano i muscoli ed i nervi dell'animale, che sviluppa egualmente la elettricità.

Galvani difese per sei anni continui il suo principio contro i frequenti attacchi e le ripetute obbiezioni del Volta. A quel tempo vi erano due partiti nella scienza europea: i *Galvanisti* ed i *Voltiani*.

Uno scienziato italiano per nome *Fabroni*, il quale non apparteneva nè all'uno nè all'altro partito, attribuì tutt'i fenomeni osservati ad un'azione chimica esercitata da' liquidi del corpo animale sul metallo dell'arco eccitatore. Ma la sua teoria passò inosservata in mezzo alla polemica delle due parti, le quali continuarono fino all'anno 1799, in cui Volta fulminò i suoi avversarii, colla scoperta dell'apparecchio fisico che porta il suo nome.

Pila del Volta. — Quest'uomo celebre aveva osservato che due sottili dischi di zinco, e due d'argento, isolati da una bacchetta di vetro, posti a contatto fra loro, indi separati, si

caricavano di una certa quantità di fluido elettrico debole bensì, ma calcolabile. Ponendo molte coppie di questi dischi metallici alternativamente le une sopra le altre, Volta costruì la sua pila.

« L'apparecchio di cui vi parlo » (scriveva il Volta nel giorno 29 marzo 1800 al presidente della società reale di Londra) « non è che l'unione di buoni conduttori di specie » diverse, e disposti ad una certa maniera. Venti, quaranta, » sessanta dischi di rame, o meglio d'argento, e altrettanti » di zinco sovrapposti alternativamente l'uno all'altro, e fra- » mezzati ad ogni coppia da un disco di cartone imbevuto » nell'acqua salata, costituiscono il mio nuovo istromento. »

La *Fig.* 1, rappresenta l'apparecchio elettrico, tale quale fu costruito originariamente dal Volta, e usato dai fisici ne' primi anni del nostro secolo. Veggonsi a parte i dischi, *c*, *h*, e *z*, di rame, di zinco e di cartone imbevuto nell'acqua salata, i quali costituiscono un elemento, ossia uno strato completo. L'unione di questi strati costituiti ognuno di tre dischi sovrapposti l'uno all'altro, viene a formare come una specie di colonna o pila, per cui fu dato a questo apparecchio elettrico, il nome di *pila del Volta*.

L'elettricità sviluppata dalla riunione di tutti questi elementi si accumula alle due estremità dell'apparecchio che diconsi *poli*. L'elettricità *positiva* si riunisce al polo positivo superiore *p*, la *negativa* al polo *negativo* inferiore *n*, cui è attaccato il filo conduttore.

Decomposizione dell'acqua a mezzo della pila. — Nicholson, e Carlisle, celebri fisici inglesi, hanno dimostrato i primi, come la pila del Volta si rendeva importante nella chimica. Questi due sperimentatori fecero la brillante scoperta di *decomporre l'acqua* a mezzo di questo strumento, il che servì di punto di partenza per le successive applicazioni chimiche della pila.

Preso un piccolo tubo cilindrico di vetro, riempiuto di acqua comune di fonte, e chiuso da ambe le parti con turaccioli di sovero, Carlisle e Nicholson fecero passare attraverso di ciascun turacciolo un sottil filo di rame rosso. Dopo avere collocato il tubo verticalmente, il filo inferiore viene posto in comunicazione col disco d'argento che trovasi alla base di una

picciola *pila voltiana* da essi costruita, e il filo superiore col disco di zinco ch'è alla sommità della pila stessa. Fatto ciò avvicinarono a picciolissima distanza l'estremità dei due fili.

» Da li a poco, dice Nicholson, una lunga striscia o colonna » di finissime bolle s'innalzò dall'estremità del filo inferiore » che sopravanzava dal turacciolo nell'interno del tubo, men- » tre l'estremità del filo superiore, diveniva gialla, poi arancio, » poi nera. »

L'acqua era stata decomposta nei suoi due elementi, cioè nel gaz *idrogeno* sviluppatosi in bolle verso il filo *negativo*, e nell'*ossigeno* che si era portato verso il filo superiore *positivo*, e lo aveva ossidato. Nicholson sostituì ai fili di rame dei fili di platino, o d'oro, perchè non essendo questi due metalli ossidabili, così potevasi raccogliere il gaz ossigeno in istato libero.

Oggidì per decomporre l'acqua i fisici sogliono usare un apparecchio quasi simile a quello di Nicholson. Prendesi un grande bicchiere *(Vedi Fig. 2.)*, formato a tronco di cono rovescio, il cui fondo sia coperto da uno strato di cera, ed abbia due forellini da lasciar passare i due fili di platino *f, f*. S'introduce l'estremità superiore di questi due fili in due piccioli tubi di vetro, aperti da una sola parte, ripieni di acqua, e chiusi ermeticamente con un turacciolo pel quale viene introdotto il rispettivo filo. La estremità inferiore di ambedue i fili, quella cioè che resta fuori del fondo del bicchiere si attacca ai due poli di una pila voltiana. Appena fatta scaricare la scintilla elettrica, l'acqua si decompone, e si converte in *due volumi* di gaz idrogeno, e quella dell'altro in *un sol volume* di ossigeno.

L'esperienze di Nicholson furono riprodotte in tutta la Germania. Allo stesso tempo, William Cruikshank avea dimostrato che la corrente elettrica della pila del Volta, la quale decompone l'acqua, può egualmente decomporre gli ossidi metallici ne'varii sali di cui sono composti, di maniera che qualche volta il metallo si attacca in piccioli cristalli sopra il filo metallico del polo *negativo*.

Seguito delle applicazioni della pila pella decomposizione elettro-magnetica dei corpi. Esperienza di Davy. — Applicata alla chimica la pila del Volta, doveva arricchire questa

Pila del Volta.

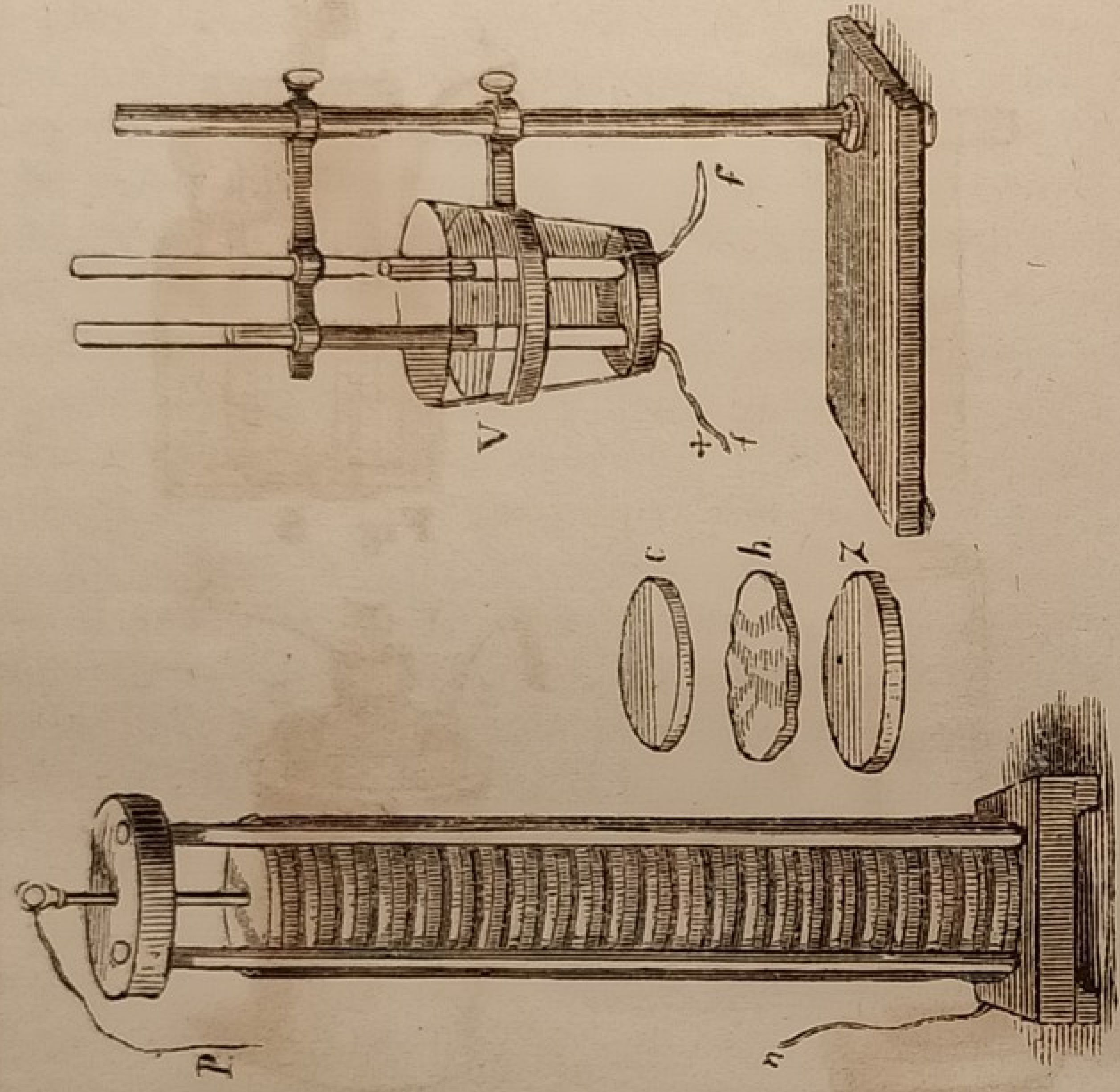


Fig. 1. Fig. 2.

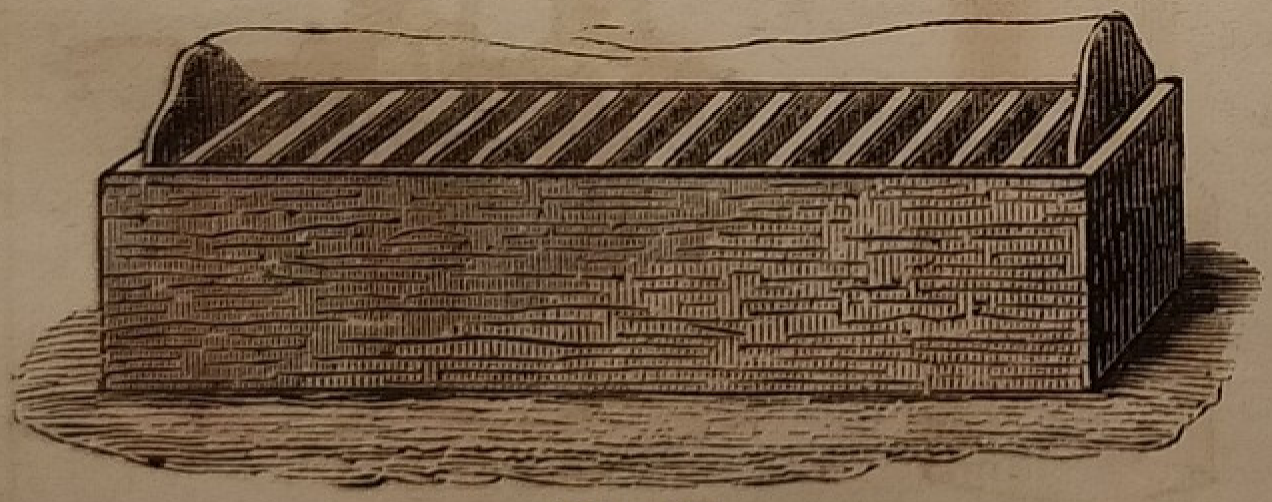


Fig. 3.

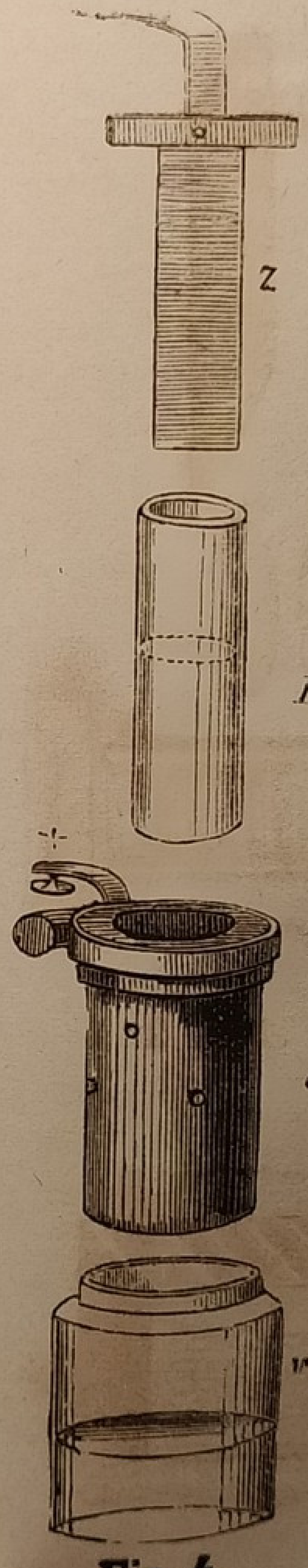


Fig. 4.

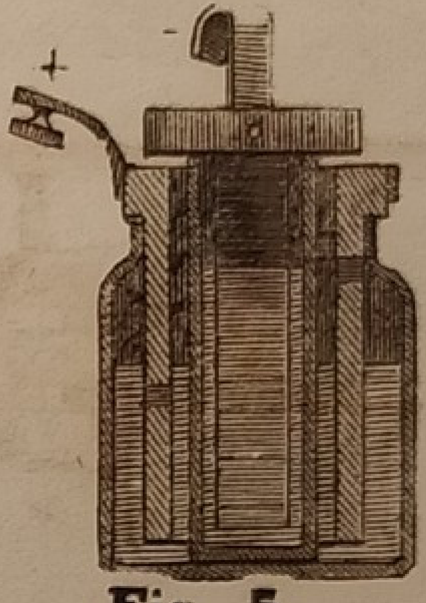


Fig. 5.

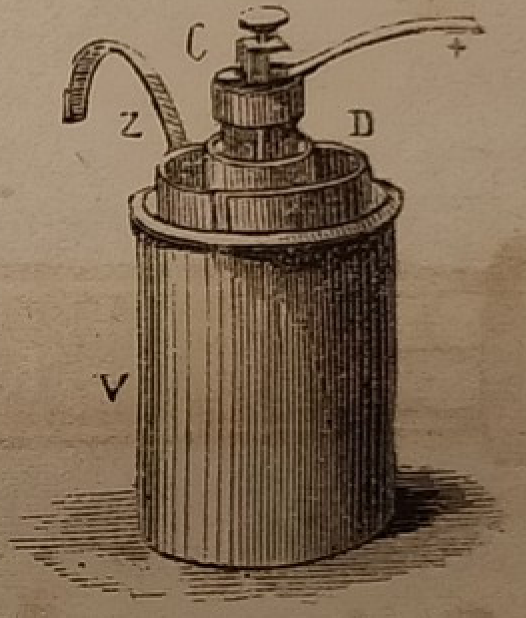


Fig. 6.

Fig. 7.

Pila del Volta.

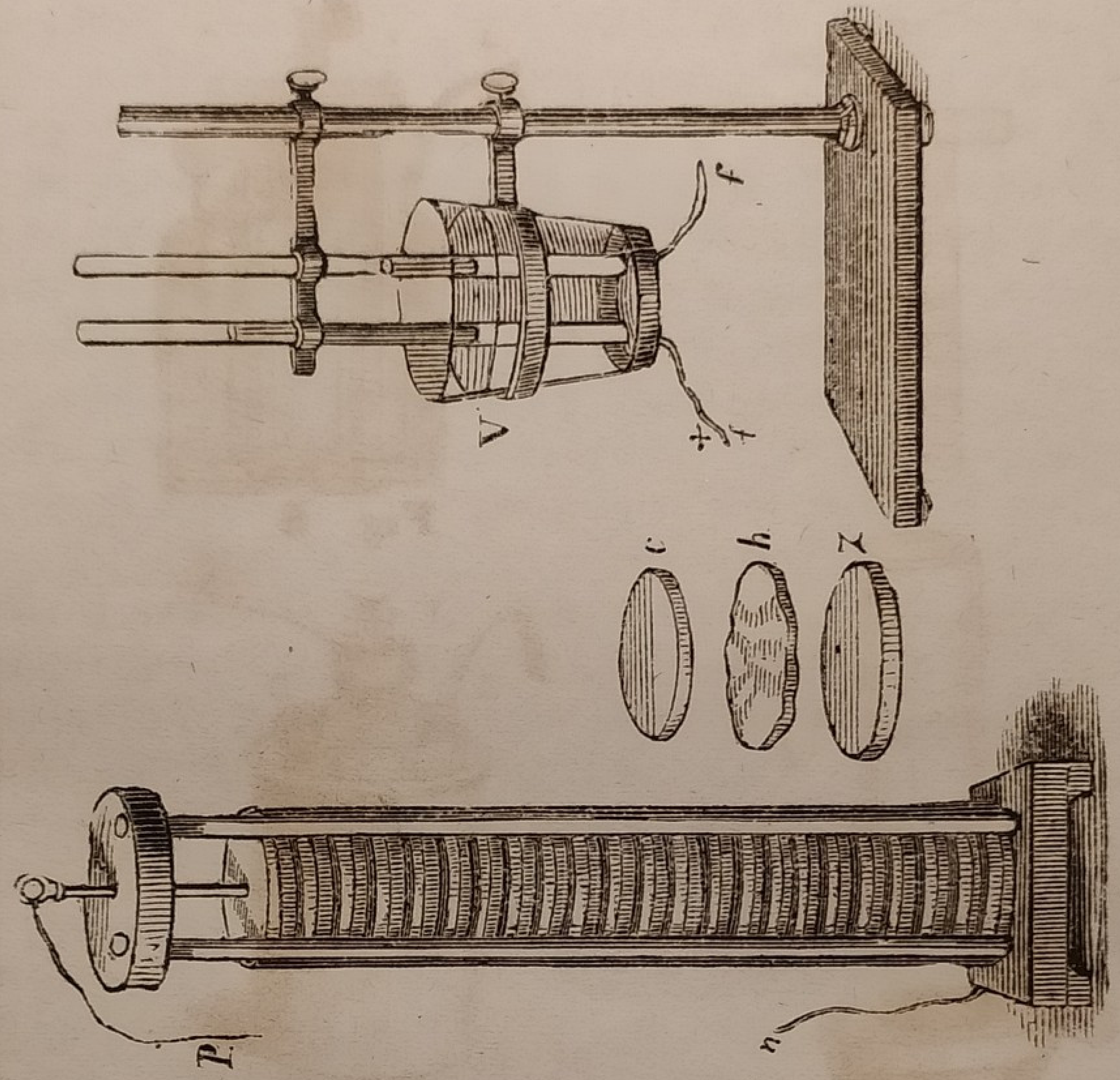


Fig. 1. **Fig. 2.**

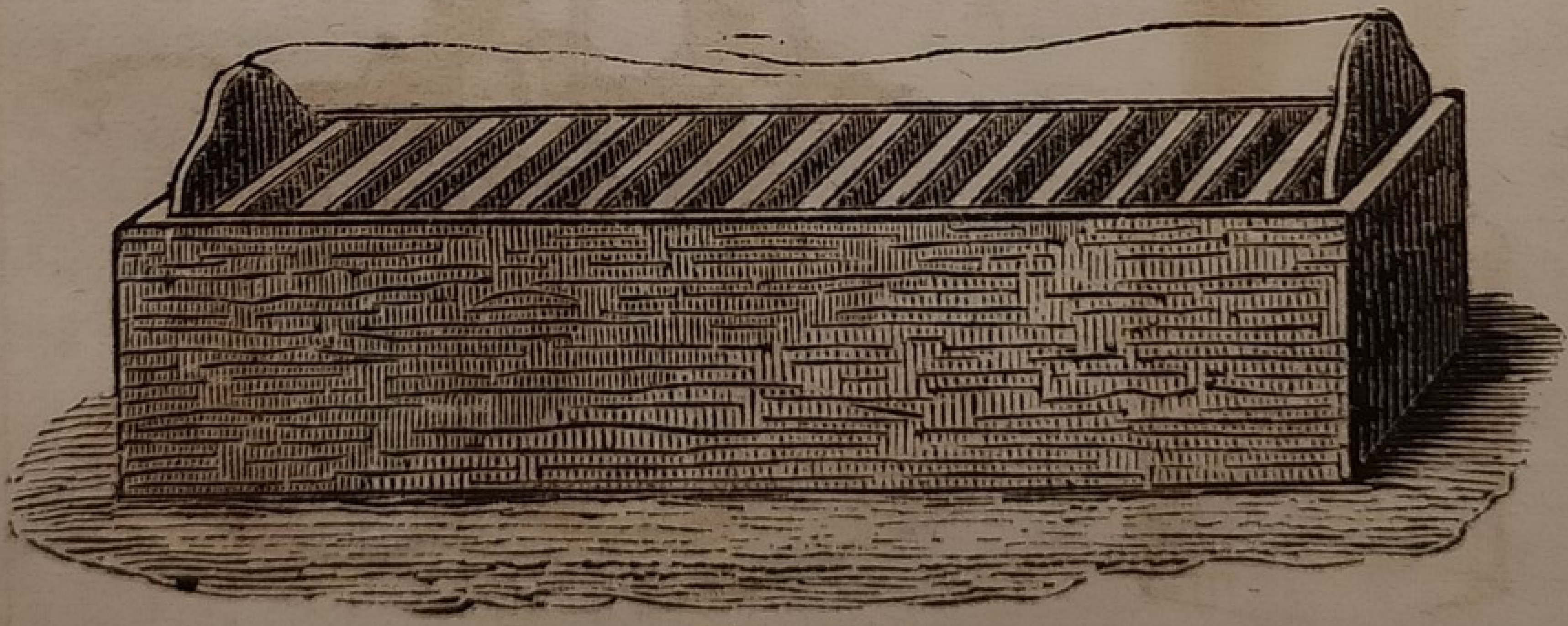


Fig. 3.

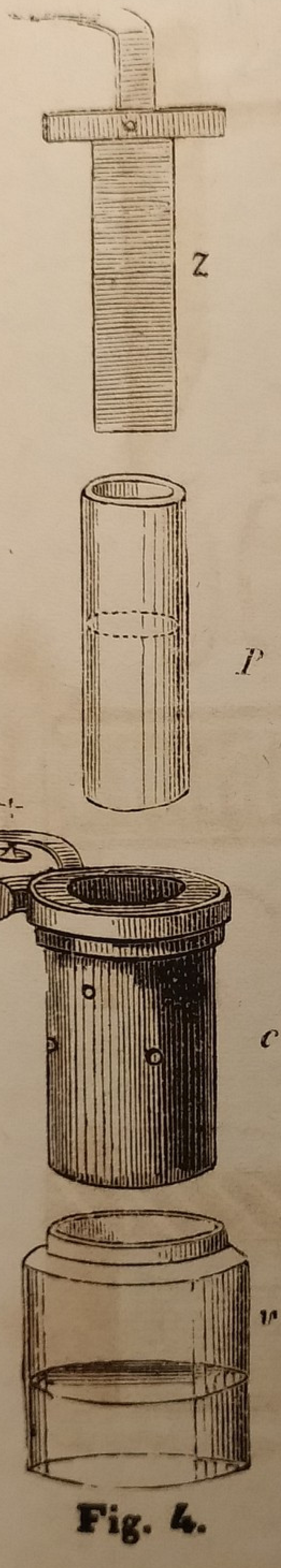


Fig. 4.

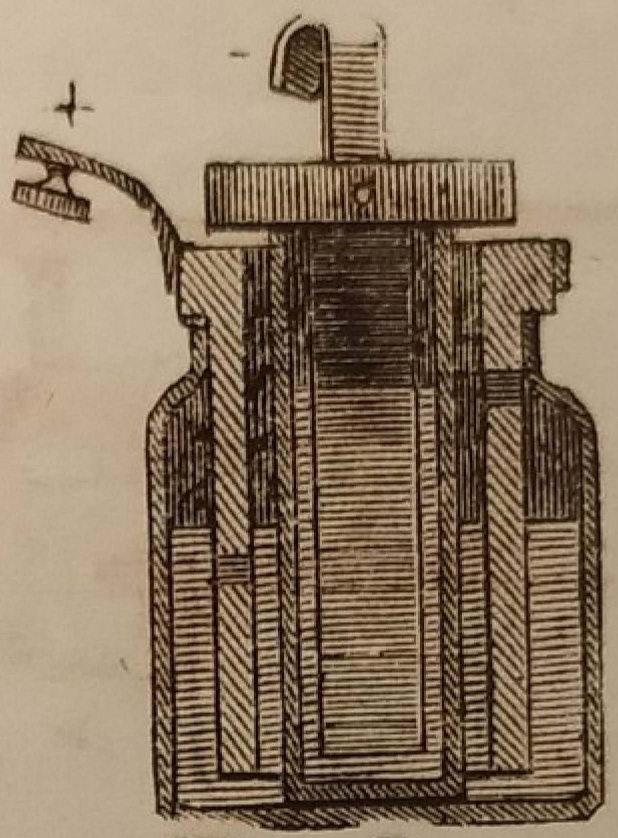


Fig. 5.

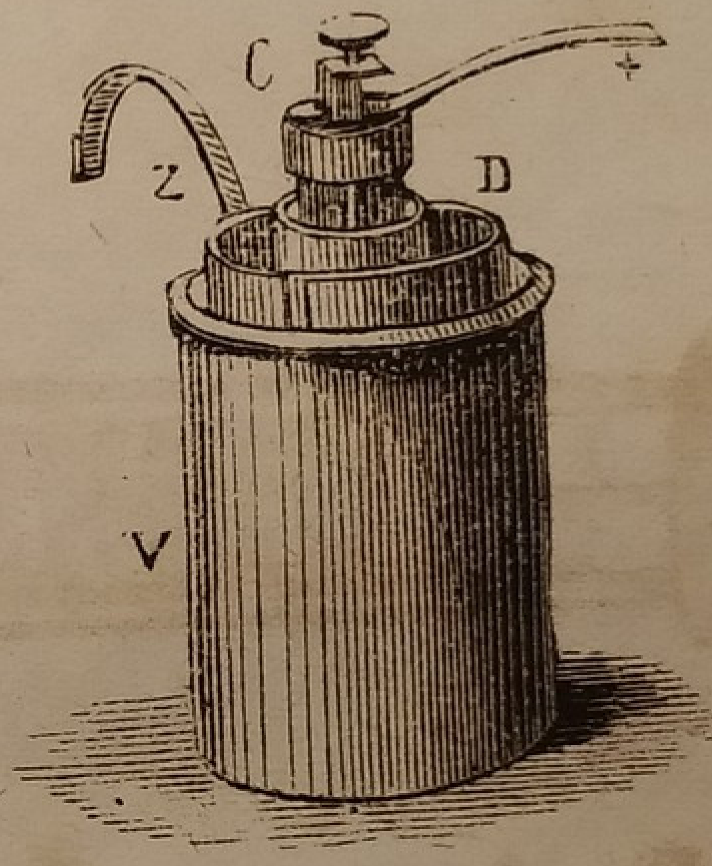


Fig. 6.

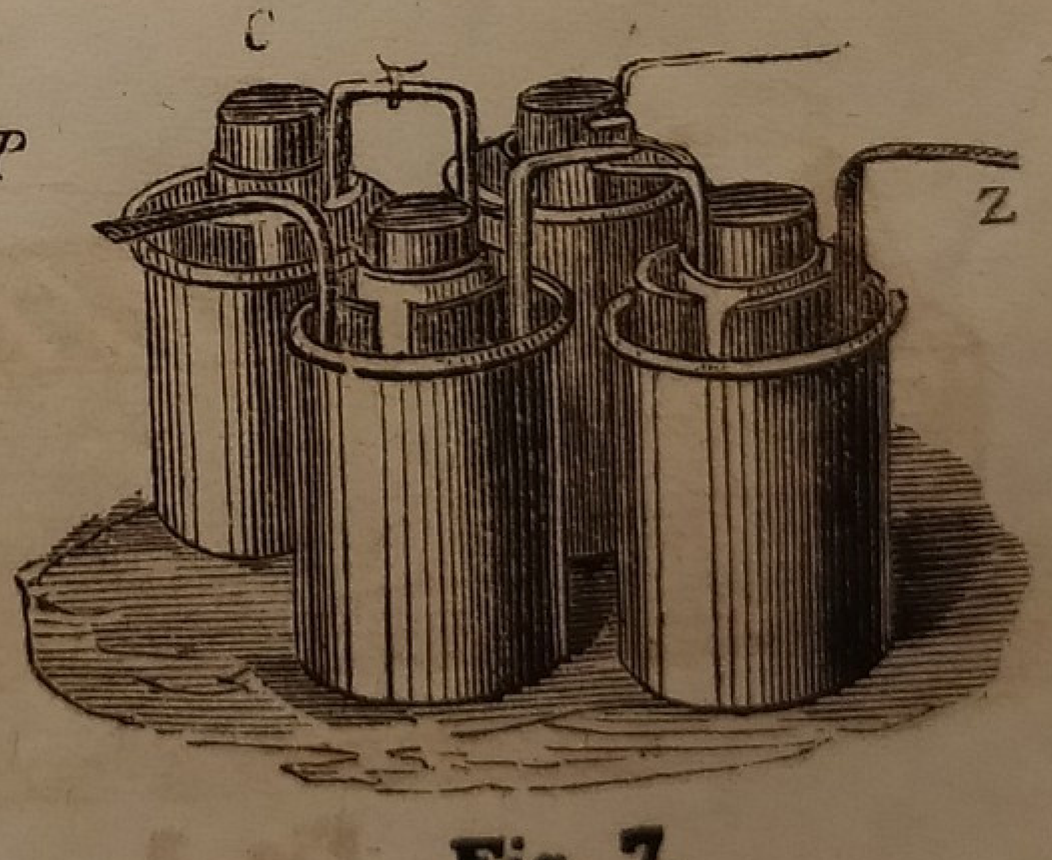


Fig. 7.

scienza di nuovi fatti, e perfezionare i singoli esperimenti. Davy raccolse tutti i fatti relativi all'azione chimica della pila, e mercè il suo genio e le sue esperienze diede loro quella unità di cui mancavano.

Davy provò, che tutti i corpi composti possono analizzarsi, e ridursi nei loro primi elementi sotto l'influenza della pila. Egli scoperse la vera natura delle *terre*, vale a dire, della calce, del barite, della magnesia, e anche quella degli alcali, cioè della potassa e della soda; separò questi diversi corpi in due elementi, cioè un metallo, e del gaz ossigeno. Col soccorso di un potentissimo apparecchio, vale a dire composto di 600 coppie voltaiche, la cui spesa venne sostenuta da una sottoscrizione nazionale, Davy venne a scoprire, che se si attaccano alla estremità di ambedue i fili conduttori della pila due pezzi di carbone fatti a punta, e che si accostino a breve distanza l'uno all'altro, si vede sull'istante brillare fra essi una scintilla risplendentissima. Allontanando a poco a poco i due carboni, il getto della luce formerà un arco luminoso di tre o quattro pollici di lunghezza, il cui splendore potrà paragonarsi alla luce del sole. Questo fenomeno luminoso è puramente elettrico, l'ossigeno dell'aria non vi ha parte alcuna, perchè tale esperienza riesce bene tanto in mezzo all'aria, quanto nel *vuoto*. Questi portentosi effetti sono il risultato del calorico sviluppato dalla pila. Oggidì la luce elettrica viene applicata alla illuminazione come noi vedremo più innanzi, nel *Capitolo* che tratta dei *diversi mezzi d'illuminazione.*

Scoperta della pila a pale. — Colla pila del Volta, la quale è conformata a colonna, era impossibile ottenere degli effetti proporzionati al numero delle coppie. E difatti la pressione dei dischi superiori sopra i dischi di cartone della parte inferiore della colonna, faceva colare il liquido del quale è imbevuto il cartone, per cui si diminuiva l'azione chimica, esercitata dagli acidi contenuti nel liquido stesso. I fisici pensarono adunque di modificare l'istrumento del Volta. Nel 1802 Craikshank ottenne un felice successo costruendo una pila orizzontale, invece che verticale come quella del Volta. Ai dischi di rame e di zinco, sostituì delle piastre rettangolari, collocate egualmente a due a due colla medesima alternativa come nella pila voltiana, e le collocò in taglio in una picciola cassetta

nella quale era versato il liquido per umettare le piastre, in luogo dei pezzi di cartone imbevuti del liquido. A questo apparecchio venne dato il nome di pila a *pale* la quale viene rappresentata dalla *Fig.* 3.

Col mezzo di tale istrumento, si possono fondere dei fili di ferro, di platino, d'argento, di piombo e simili, e produrre diversi effetti elettro-chimici della maggior intensità.

Nuove forme date alla pila voltiana. — Abbiamo veduto che la pila *a colonna* della quale il Volta si era servito in tutte le sue esperienze, venne sostituita nel 1802 da quella così detta *a pale.* Questa pila continuò ad usarsi dai chimici per lungo tempo, e servì egregiamente ad esprimere importantissime operazioni chimiche. Ma siccome anche questa presentava qualche inconveniente, venne sostituita da una pila inventata dal celebre chimico inglese per nome Wollaston, la quale rese del pari grandi servigi in certi casi determinati.

Negli anni 1836 e 1839 i due fisici inglesi *Daniell* e *Grove* fecero molte modificazioni alla pila del Wollaston, delle quali non ci occuperemo a dare la descrizione, perchè ormai sono andate in disuso, essendochè al presente i chimici in generale si servono della pila del *Bunsen*, la quale è dotata di molta forza, sviluppando molto fluido elettrico, ed essendo anche impiegata esclusivamente per dorare ed inargentare gli oggetti di rame, o di qualsiasi altro metallo.

Ciascuna coppia della pila di Bunsen si compone di quattro pezzi, che rientrano l'uno nell'altro *(Vedi Fig. 4)*. Questi sono:

1. Un vaso di maiolica o di vetro *v* contenente dell'acqua con poco acido solforico;

2. Una lamina di zinco *z* munita di un traverso di rame, la quale deve servire di conduttore pel fluido *negativo.*

3. Un vaso di terra cotta senza vernice *p*, e quindi permeabile, il quale può essere facilmente attraversato dai gaz, contenendo dell'*acido azotico.*

4. Un pezzo di carbone *c*, di forma cilindrica munito alla parte superiore di un anello o contorno di rame, sul quale è saldata una lama dello stesso metallo ch'è il conduttore del fluido *positivo.*

Questi quattro pezzi sono posti l'uno dentro l'altro secondo

l'ordine che viene indicato dalla *Fig.* 5, ch'è lo spaccato di una coppia od elemento della pila del Bunsen, mentre la *Fig.* 6, rappresenta l'apparecchio montato come deve stare, e pronto ad agire.

Dal momento in cui lo zinco, ed il carbone comunicano fra loro a mezzo di un conduttore, la coppia diviene attiva, e se si fanno comunicare fra loro un certo numero di queste coppie o di questi elementi, si ottiene la così detta *pila del Bunsen*, la quale si compone di un numero indeterminato di coppie comunicanti fra loro, mettendo in comunicazione la lamina di rame fissata al cilindro di zinco con quella di carbone.

La *Fig.* 7 rappresenta una pila di *Bunsen* costituita da quattro elementi o coppie. Il polo *positivo* di questa pila si trova all'ultimo cilindro di carbone C, ed il *negativo* all'altro cilindro di zinco Z.

Teoria della pila. — L'idea teorica dello sviluppo dell'elettricità per contatto, vale a dire la teoria del Volta, è stata riconosciuta inesatta. Oggidì pel progresso della scienza dopo il Volta, la teoria dello sviluppo dell'elettricità a mezzo della pila, è il risultato della scambievole azione chimica dei metalli e degli acidi della pila. Tale principio è ormai ammesso generalmente.

Ecco in quale maniera si spiega lo sviluppo del fluido elettrico nella pila di Bunsen, la quale non è che una modificazione di quella del Volta.

Quando i singoli apparecchi o coppie costituenti la pila del Bunsen sono preparati per l'esperimento, vale a dire quando è versato l'acido solforico nell'acqua contenuta dal vaso esterno di vetro e l'acido azotico nel vaso di terra cotta, e che tutte le lamine di rame furono poste a contatto fra loro, in maniera da far passare la corrente elettrica che va a svilupparsi dalla prima all'ultima coppia costituente la pila, succede tosto la reazione chimica, e fa sviluppare una quantità considerevole di fluido elettrico, che prende la forma di *corrente*.

L'acido solforico diluito nell'acqua, che trovasi nel vaso esterno *(Vedi Fig. 6)*, attaccasi alla lamina di zinco Z ch'è immersa nel liquido; sotto l'influenza dell'acido solforico l'acqua si decompone nei suoi elementi, che sono l'idrogeno e l'ossigeno. Questo gaz si porta per affinità sopra il zinco,

e forma dell'ossido di zinco, il quale combinandosi coll'acido solforico, produce del solfato di zinco, ch'essendo solubile nell'acqua, va a saturare l'acqua contenuta nel vaso V. Questa prima reazione, cioè la decomposizione dell'acqua produce un grande sviluppo di elettricità, ed ecco la prima scoperta del fluido elettrico nell'apparecchio in discorso.

Ma vi è nello stesso apparecchio una seconda sorgente di elettricità, che viene ad aggiungersi alla prima. Il gaz idrogeno proveniente dalla decomposizione dell'acqua, non rimane nel vaso esterno, ma passa nel vaso di terra cotta D ch'è immerso nel vaso V contenente l'acqua e l'acido solforico, attraversa la porosità delle sue pareti, e penetrato che sia nell'interno si trova a contatto coll'acido azotico. In allora l'idrogeno si combina con una parte dell'ossigeno contenuto dall'acido azotico, forma dell'acqua e trasforma l'acido azotico in acido idro-azotico, ovvero in deutossido di azoto. Questa seconda azione chimica fra l'idrogeno e l'acido azotico produce un nuovo sviluppo di elettricità, la quale prende la forza di corrente, e si aggiunge a quella sviluppatasi nel primo vaso. Queste due correnti elettriche non si distruggono fra loro, ma anzi si uniscono ambedue a produrre il medesimo effetto.

Il pezzo cilindrico di carbone C, ch'è immerso nel vaso D, siccome è intaccabile dall'acido azotico, ed è buonissimo conduttore del fluido elettrico, riceve l'elettricità *positiva*, la quale si scarica pel filo metallico attaccato al cilindro di carbone e la lamina di zinco Z riceve la elettricità *negativa*, la quale si scarica pel filo metallico saldato alla medesima, che rappresenta il polo *negativo*.

Quando si uniscono fra loro, a mezzo di un filo metallico, i due poli negativo e positivo della pila, questa entra tosto in azione e si forma una corrente elettrica continua, perchè le due specie di elettricità *positiva* e *negativa* le quali si neutralizzano e si distruggono reciprocamente al punto di unione de' due fili conduttori, si riproducono ad ogni istante, e costituiscono la così detta corrente elettrica.

Effetti della pila. — L'apparecchio scoperto dal Volta è uno de' più maravigliosi che sieno usciti dall'umano ingegno riguardo al numero e alla varietà degli effetti cui diede origine, i quali si possono dividere in tre categorie: *fisici*, *chimici* e *fisiologici*.

1. *Effetti fisici*. Se si uniscono i due poli di una pila in attività a mezzo di un filo metallico di picciole dimensioni, questo filo si riscalda, diviene rosso, si fonde, sparisce. Non può resistere alcuna materia alla potente azione calorifera della pila del Volta; i metalli più compatti e più difficili a liquefarsi si fondono e si volatizzano, qualora si riducano ad un sottilissimo filo, e si pongano fra i due poli.

Questo istromento ch'è una sorgente di calorico è anche una sorgente di luce. Se si attaccano alla estremità de' due fili conduttori di una pila assai forte, due pezzetti di carbone fatti a punta, e che si tengano lontani uno dall'altro qualche centimetro, si ottiene una luce intensissima quasi come quella del sole.

Come si vedrà più innanzi (al paragrafo *Elettro-magnetismo*), la pila può divenire uno stromento meccanico, vale a dire trasmettere la proprietà della calamita a delle spranghe di ferro, atte a sostenere delle masse metalliche di un peso considerevole e che vanno a produrre in tal modo un effetto *meccanico*.

Da ciò puossi dedurre, che i principali effetti fisici della pila sono: produzione di calorico, produzione di luce e forza meccanica.

2. *Effetti chimici*. La pila del Volta è un agente molto forte anche nelle decomposizioni fisiche. S'immergano in una soluzione p. es. di solfato di soda, i due fili metallici corrispondenti a'due poli della pila, e si vedrà i due elementi di questo sale, separarsi sotto la influenza decomponente dell'elettricità; l'acido solforico libero comparirà al polo *positivo*, e la soda libera, vale a dire la base del sale si porterà al polo *negativo*. Talvolta anche succede, che la stessa base del sale viene decomposta, e ridotta a'suoi primi elementi, ossigeno e metallo. Immergendosi in una soluzione di solfato di rame i due poli della pila in attività, l'acido solforico resterà libero e si porterà al polo positivo, e l'ossido di rame che si è già diretto al polo negativo, verrà decomposto ne'suoi elementi, rame ed ossigeno.

L'ossigeno si svilupperà in istato di gaz al polo positivo e si unirà all'acido solforico, e il rame si depositerà al polo negativo. Sopra questo fatto sono fondate le operazioni della *Galvano-plastica*, come vedremo più innanzi.

La pila è adunque al punto di vista di questi effetti chimici, anche un fortissimo agente di composizione, perchè nessuna sostanza composta può resistere alla sua azione.

3. *Effetti fisiologici.* Questi consistono nelle commozioni, che la corrente elettrica della pila fa provare a' diversi organi de' corpi animali.

Calorico, luce, forza meccanica, decomposizioni chimiche, azione sugli organi degli esseri viventi, sono gli effetti che produce la pila del Volta la quale per la varietà de' suoi attributi, può considerarsi uno stromento della più alta importanza.

Scoperta dell' elettro-magnetismo. — Nel 1820, il celebre fisico danese Oersted scoprì un fatto assai notevole facendo alcune esperienze colla pila del Volta, il qual fatto fu la sorgente di un nuovo ramo della scienza fisica, e questo è l'*elettro-magnetismo.* Riunendo a mezzo di un filo metallico i due poli di una pila, ed avvicinando questo filo ad un ago magnetizzato, Oersted si accorse, che l'ago si era scostato dalla sua direzione, come se fosse respinto da una forza ignota. Da ciò si potè dedurre, che l'elettricità in movimento, ossia la corrente elettrica agisce sopra i corpi magnetizzati.

La scienza da questo momento si avanzò rapidamente, facendo novelle conquiste, essendochè l'elettro-magnetismo divenne l'origine della scoperta di un gran numero di fatti, che hanno esteso la cerchia delle nostre cognizioni intorno alla elettricità, e che hanno ricevuto in questi tempi preziosissime applicazioni le più svariate.

Avremo nel corso di questo libro occasione di conoscere le più recenti applicazioni che si fecero in questi ultimi tempi dell' elettro-magnetismo, parlando della *telegrafia elettrica*, della *galvano-plastica*, e della *luce elettrica.*

CAPITOLO XVII.

LA TELEGRAFIA ELETTRICA.

Storia. — L'idea di applicare l'elettricità ad una corrispondenza telegrafica, vale a dire alla trasmissione istantanea dei segni, o delle lettere alfabetiche da un luogo all'altro, si è presentata alla mente de' fisici, dal momento in cui vennero a conoscere gli svariati fenomeni elettrici, e sopratutto la proprietà che ha il fluido elettrico di trasmettersi da un luogo all'altro ad immense distanze, *istantaneamente*. Dopo l'anno 1750, vale a dire, dopo gli studii e gli esperimenti di Grey, Dufay, Mussenbrock, Lemonier e Franklin, l'idea di applicare alla telegrafia l'azione misteriosa della elettricità, non tardò a svilupparsi nell'umano ingegno.

Prima menzione del telegrafo elettrico. — Si trova nel libro intitolato: *Scot' s Magazine*, il quale è una raccolta di esperienze fisiche, una lettera segnata con una semplice iniziale, che dà la descrizione di un telegrafo elettrico abbastanza bene concepita. Non si conosce nè l'inventore del telegrafo, nè l'autore della lettera che porta la data: *Renfrew* 1. *febbraio* 1753. A questa idea si fece poca attenzione, perchè l'apparecchio proposto dall'anonimo non era stato eseguito.

Giorgio Lesage costruisce il primo telegrafo elettrico. — Questo scienziato ginevrino, professore di matematica a Ginevra, nel 1760 concepì l'idea di un telegrafo elettrico, e

lo eseguì poscia nell'anno 1774. Questo apparecchio si componeva di 24 fili metallici separati uno dall'altro, e assicurati da una parte a conveniente distanza ad una spranga metallica orizzontale, e difesi da un involucro di una sostanza isolante. Ciascun filo all'estremità opposta era assicurato da una laminetta di ferro, che portava una piccola palla di sovero sospesa ad un filo di seta. Qualora si faceva comunicare uno di questi fili dalla parte dov'eran assicurati, ossia dal punto di partenza con una macchina elettrica, la pallottola di sovero attaccata all'altra estremità veniva respinta e lanciata direttamente verso una lettera dell'alfabeto, collocata in linea orizzontale di contro ai 24 fili metallici.

Altro progetto di telegrafo elettrico. — L'idea di far servire il fluido elettrico alla telegrafia si presentò verso la stessa epoca al fisico francese Lhomond, ed allo spagnuolo Bettancour nell'anno 1787, a Reiser in Germania nel 1794, ed a Francesco Salva medico di Madrid nel 1796, i quali fisici attuarono le loro idee in diverse maniere, più o meno precise. Ma questi apparecchi telegrafici i quali agivano a mezzo dell'elettricità *statica*, vale a dire a mezzo del fluido elettrico *non continuo*, somministrato da una macchina a disco di vetro non erano altro che curiosità da gabinetto, e non potevano servire certamente ad una corrispondenza telegrafica. E difatti la elettricità *statica* sviluppata a mezzo dello strofinamento non esiste che nella superficie dei corpi, e tende sempre ad abbandonare i conduttori per diverse cause, e specialmente per l'azione dell'umidità.

Non potendo i telegrafi elettrici fondati sull'azione dell'elettricità *statica*, rendere nella pratica alcun utile servigio, l'arte della telegrafia deve perciò rinunziare a far uso di siffatti apparecchi. Durante questi esperimenti di telegrafia elettrica, i quali fecero conoscere la insufficienza dell'apparecchio per ottenere le scopo, l'abbate Claudio Chappe francese nell'anno 1793 inventò un sistema perfetto di *telegrafia aerea*, la quale venne tosto addottata in Francia, e poscia da tutte le nazioni europee.

La scoperta della pila del Volta, fa riprendere gli esperimenti di telegrafia elettrica. — La elettricità *statica* non potea, come abbiam detto, applicarsi utilmente alla cor-

rispondenza telegrafica; ma la scoperta della pila del Volta che fornisce una sorgente costante di elettricità *dinamica*, vale a dire una corrente elettrica, la quale non ha alcuna tendenza a sfuggire dai corpi che la contengono, venne a cangiare l'aspetto di tale questione. Da questo momento si potè pensare seriamente e con fondamento ad utilizzare il fluido elettrico, quale agente di telegrafia.

Telegrafi di Sœmmering, Schilling, e Alexander. — Nei primi tempi della scoperta della pila del Volta, la decomposizione dell'acqua a mezzo della corrente elettrica servì di base al primo telegrafo elettrico. Nel 1811 Soemmering fisico di Monaco, pubblicò la descrizione di un telegrafo fondato sulla decomposizione dell'acqua che si produceva a distanza in 34 vasi rappresentanti le 24 lettere dell'alfabeto, e i numeri arabici dall'1 al 10. Ma questo processo presentava molte difficoltà nella pratica, tanto per la complicazione che risultava dall'impiego di 34 fili conduttori, quanto per la incertezza della reazione chimica provocata a distanza. Per riuscirvi completamente e con sicurezza, era necessario sostituire all'azione chimica dell'acqua un'azione *meccanica*.

Fino all'anno 1820, la scienza non si occupò gran fatto per provocare a mezzo dell'elettricità questa azione *meccanica*, allo scopo di ottenere un buon telegrafo elettrico. Quest'azione meccanica venne realizzata in conseguenza dell'importante scoperta che fece nel 1820 il rinomato fisico danese Oersted, quella cioè, di dirigere la corrente elettrica sviluppata dalla pila del Volta, verso una freccia magnetizzata e appoggiata in bilico sopra un pernetto, che viene deviato dalla sua posizione naturale dal fluido elettrico. Dietro tale scoperta i fisici pensarono tosto di applicare tale azione meccanica alla telegrafia. Il fisico francese *Ampère* diede poi la descrizione di un apparecchio per la corrispondenza telegrafica da esso lui ideato, sulla base delle deviazioni di altrettanti aghi magnetici, quante sono le lettere dell'alfabeto.

Ma questi effetti erano ancora deboli, occorreva quindi aumentare la loro forza. Schweigger fisico alemanno avendo attortigliato intorno sè stesso il filo conduttore di una pila, isolandolo a mezzo di un involucro di seta, e avendo collocato un ago magnetico al centro del sistema, notò che la deviazione

della pila aumentava in ragione diretta del numero dei giri del filo conduttore. Per questa ulteriore osservazione Schilling, e Alexander poterono fondare un nuovo sistema di telegrafo elettrico. Ma l'apparecchio del loro telegrafo era assai complicato, a cagione del numero dei fili metallici, per indicare le singole lettere dell'alfabeto e le cifre numeriche, per cui in pratica riusciva quasi impossibile l'usarlo. Convenne adunque attendere nuove risorse dalla scienza.

Arago scopre la magnetizzazione temporaria. — Nel 1820 Arago scoprì il fatto importantissimo, che facendo girare l'elettricità all'intorno di una lamina di ferro *dolce*, vale a dire purissimo, comunica a questo la proprieta della *calamita*. Si raccolga attorno una lamina o striscia di ferro *dolce* un filo di rame coperto di seta, sostanza isolante, e si pongano le due estremità del filo in comunicazione coi poli della pila; la lamina diverrà tosto una calamita, e potrà attrarre a sè un pezzo di ferro proporzionato, collocato a certa distanza Se la corrente elettrica viene interrotta, e si tolga in tal guisa la comunicazione della lamina colla pila, questa perde sul momento la proprietà della calamita, ritorna allo stato naturale, e il pezzo di ferro si stacca spontaneamente da essa.

In un minuto secondo si può cangiare un pezzo di ferro dolce in calamita, e poscia restituirgli la sua proprietà naturale. Servendosi di una pila del Bunsen costituita di quaranta coppie od elementi, e che si attortigli un filo di rame coperto di seta ai due bracci di un ordigno conformato a ferro di cavallo, facendo comunicare le due estremità di questo filo coi due poli della pila del Bunsen, si otterrà una calamita artifiziale, avente la forza di sostenere un peso di 500 chilogrammi, ***(Vedi Fig. 1)***.

Principio generale sopra cui appoggiasi la costruzione di tutti i telegrafi elettrici. — La magnetizzazione temporaria del ferro a mezzo della corrente elettrica, è il principio generale sopra cui sono fondati tutti gli apparecchi attuali della telegrafia elettrica. Procureremo ora di far comprendere, come si possa produrre a distanza un effetto meccanico, magnetizzando il ferro con una corrente elettrica.

Sia a Parigi una pila in attività. Il filo conduttore di questa pila si estenda fino a Calais, e là sia attortigliato ad una

lamina di ferro dolce, poscia ricondotto alla pila in Parigi. Il fluido elettrico partendosi da Parigi magnetizza la lamina stazionaria a Calais, e se a breve distanza da quella si trovi un disco di ferro mobile, questo disco sarà subito attratto, e si attacherà sopra la calamita artifiziale temporaria. Ora s'interrompa la comunicazione tra il filo conduttore e la lamina, e tosto questa resterà smagnetizzata, vale a dire perderà la proprietà della calamita, per cui non avendo più la forza di tenere a sè aderente il disco mobile, questo riprenderà la sua posizione primitiva, e ciò avverrà ancor più facilmente se verrà promosso il movimento del disco da una molla a spira, come può vedersi alla *Fig.* 2.

Ora, attivando e interrompendo alternativamente a Parigi la corrente elettrica, si ottiene a Calais un movimento di *va e viene* dal disco di ferro. Questo movimento che si verifica a distanza a mezzo della magnetizzazione temporaria ed intermittente della lamina di ferro, è il principio fondamentale sul quale riposa la costruzione del telegrafo elettrico.

Ai nostri giorni furono costruiti varii telegrafi tutti appoggiati al principio della magnetizzazione temporaria del ferro, però differenti nel meccanismo relativo alla produzione, o formazione dei segni. Sarebbe inutile e quasi impossibile il riferire quì gl'innumerevoli e svariati sistemi dei telegrafi elettrici, per cui ci limiteremo a ricordare i principali, quelli cioè che sono generalmente usati:

1. L'apparecchio *americano* inventato dal professore Morse degli Stati-Uniti;
2. L'apparecchio a *due fili*, ed a *due freccie* ch'è usato in Inghilterra;
3. L'apparecchio a *quadrante*, che serve specialmente oggidì pel servizio delle strade ferrate;
4. L'apparecchio *tipografico*, che scrive il dispaccio in segni colorati, o con caratteri tipografici.

Telegrafo elettrico di Morse, o telegrafo americano. — Il professore Samuel Morse, fisico degli Stati-Uniti, è generalmente considerato come il creatore della telegrafia elettrica. Dicesi che abbia ideato questo istrumento il 19 ottobre 1832 a bordo del Naviglio il *Sully* ritornando dalla Francia in America.

Daremo ora la descrizione del telegrafo del Morse, il quale agisce attualmente in tutti gli stati principali di Europa. Questo apparecchio rappresentato dalla *Fig.* 3, scrive da sè stesso il dispaccio che si trasmette. — A, è una calamita artifiziale *elettro-magnetica* doppia. Ciascuno di questi *elettro-magneti* si compone di un lungo filo di rame entro un involucro di seta, ravvolto intorno ad una spranga di ferro dolce collocata verticalmente al disopra di questi due elettro magneti, e a brevissima distanza vedesi sospesa una lamina di ferro, B, che dev' essere attratta dall' elettro magnete doppio. Questa lamina è unita alla leva di metallo.

Quando si fa passare la corrente, la placca di ferro B si appoggia sopra la coppia degli elettro-magneti, ed essendo attaccata alla leva fatta a gomitolo C D, che si muove sopra un perno, si abbassa, mentre l'estremità D della leva, che porta una punta metallica s'innalza, e si pone a contatto con una striscia di carta la quale essendo posta in movimento da uno speciale sistema di ruote H, va sempre avanti.

Se viene interrotta la corrente elettrica, la lamina B non è più trattenuta dalla forza magnetica, e una molla a spira E fa abbassare l'estremità D della leva, e per conseguenza l'estremità C s'innalza. Vedesi che mercè la interruzione alternata della corrente elettrica, la punta metallica è animata da un movimento alternativo di elevazione e di abbassamento, per cui si può formare una serie d'impronte e di segni sopra la striscia di carta che sempre cammina. Vedesi inoltre nella medesima figura il cilindro F sopra il quale si ravvolge la striscia continua di carta, la cui estremità passa sopra il rocchetto G, posto in movimento dal sistema rotatorio H, che fa svolgere costantemente la striscia di carta dal cilindro stesso.

Questo istromento è collocato alla stazione di arrivo. La pila poi e l'istromento che serve a stabilire, e a interrompere successivamente la corrente elettrica sono alla stazione di partenza. Questo istromento che viene rappresentato dalla *Fig.* 4, è composto di un'asta di ferro sostenuta nel mezzo da un perno che si muove sopra due cuscinetti e avente ad una delle estremità un bottone A, la quale asta tende sempre ad innalzarsi per la sua elasticità. Se si preme con un dito il bottone A, l'estremità dell'asta cui è attaccata va a battere con-

tro una ghiera metallica, che comunica a mezzo di una lamina conduttrice ch'è posta sotto la tavoletta che sostiene l'istromento, con due bottoni C, C' ai quali sono attaccati i due fili conduttori della pila. Ora premendo l'asta metallica, e abbandonandola poscia alla propria elettricità, questa si rialza, e in tal modo si stabilisce e s'interrompe alternativamente il passaggio dell'elettricità nell'apparecchio telegrafico, che si trova nell'altra stazione.

Quando il circuito elettrico viene aperto e chiuso rapidamente, vale a dire, quando si preme e si abbandona il bottone a brevi intervalli, il punteruolo dell'apparecchio telegrafico stabilito all'altra stazione segna sulla striscia di carta de' semplici punti, e se tiensi obbligato col dito il bottone più a lungo, il punteruolo in allora segna delle linee più o meno lunghe. Finalmente gli spazii risultano dalla interruzione della corrente elettrica. I punti e le linee forniscono altrettante combinazioni, che corrispondono alle lettere dell'alfabeto, e alla formazione delle parole che voglionsi trasmettere. Quelle lettere che vengono rappresentate da quattro segni sono separate dalle altre da brevi spazii, e le parole poi da spazii più lunghi. Secondo la durata del contatto del punteruolo colla striscia di carta risultano le linee più o meno lunghe, e se poi il contatto non durò che un solo istante, la carta riceve la impressione di un punto. E siccome le lettere dell'alfabeto, e i numeri arabici sono rappresentate e costituite da punti e da linee più o meno brevi, così si possono trasmettere a mezzo de' fili telegrafici, e ad infinite distanze, le parole e le cifre numeriche di cui è costituito il dispaccio telegrafico, che si vuole spedire da un luogo all'altro. Questo alfabeto convenzionale chiamasi l'alfabeto di *Morse* dal nome dell'inventore.

Eccone un esempio: Un punto ed una linea (. —) rappresenta la lettera A; una linea e due punti (— . .) la lettera B; tre punti (. . . —) la lettera C. etc.; dal che puossi facilmente conoscere, come con tal metodo semplicissimo si compongano parole e periodi. L'apparecchio che abbiamo or ora descritto, fu il primo istromento di tal genere, che venne posto in attività negli Stati Uniti di America nel mese di maggio del 1844, in cui fu inaugurata la prima linea telegrafica fra Wasington e Baltimora. Tale istromento venne inventato dal celebre fisico

americano *Morse*, il quale fu il primo che attivò con felice successo e completamente la prima linea telegrafica, e che pose in comunicazione diretta le due città principali di America. Il telegrafo del Morse dal 1844 in poi venne introdotto e attivato non solo in tutti gli Stati Uniti, ma eziandio si diffuse successivamente a poco a poco in quasi tutti gli stati di Europa, come sarebbe a dire, in Francia, in Germania, in Ispagna, in Svizzera, ed in Italia, ne'quali paesi ne continua l'uso anche al presente. Nella sola Inghilterra si persiste ancora ad usare un altro istromento telegrafico, il quale però è alquanto incerto nelle sue operazioni.

Telegrafo inglese, o telegrafo a due freccie. — Il telegrafo *a freccie* ch'è il più semplice di qualsiasi altro pel suo meccanismo, ma non già il più fedele, fu ideato dal celebre fisico Wheatstone, al quale devesi l'attivazione della telegrafia elettrica in Inghilterra.

Questo telegrafo si compone di due freccie o lancette magnetizzate, che possono muoversi ed arrestarsi a piacere, a mezzo della corrente elettrica, stabilita od interrotta. Pongonsi in movimento queste due freccie a mezzo di due manichi ed impugnature che lasciano circolare la corrente elettrica all'intorno di esse. Sotto l'influenza dell'elettricità la freccia magnetizzata è obbligata a deviare dalla sua direzione verso il Nord, e tale spostamento serve di segno telegrafico. E diffatti, essendo due queste freccie, si è potuto formare un alfabeto, e determinare le diverse lettere delle quali è composto, secondo il numero delle deviazioni della freccia destra, e di quella a sinistra, o di ambedue simultaneamente. Così per esempio, la lettera E, viene rappresentata da una deviazione della freccia sinistra, e da due della destra; la lettera F, da un colpo della freccia sinistra, e da tre della freccia destra, ecc. Ma relativamente a questo telegrafo, il quale non marca i segni, cioè le lettere sulla striscia di carta, si deve confidare nella destrezza, nell'attenzione, e nella pratica degli impiegati, per supplire alla insufficienza del mecccanismo.

Se il telegrafo inglese ha il vantaggio della semplicità, non ha però quello della *esattezza* nè della *economia*. Circa l'esattezza non potendosi conservare alcuna traccia del dispaccio, tutto dipende dalla memoria degl'impiegati la quale alle volte

può fallire ed ecco il motivo per cui sono frequenti gli errori che vengono reclamati da quelli che trasmettono i dispacci sulle linee telegrafiche inglesi. Circa poi l'economia, è molto più costoso del telegrafo *Morse*, perchè invece di un solo apparecchio *voltaico*, e di un solo filo conduttore, ne voglionsi due, vale a dire uno al punto di partenza, l'altro al punto dell'arrivo.

Telegrafo a quadrante. — Il telegrafo elettrico a quadrante fu inventato anche questo dal distinto fisico inglese Wheatstone. Questo sistema alquanto complicato non è in uso pel servigio della corrispondenza telegrafica pubblica o privata, ma soltanto nelle stazioni delle strade-ferrate inglesi. Per tal motivo noi non possiamo avere un certo interesse per questo telegrafo, e ci contenteremo di far conoscere solamente il principio generale sul quale è fondato, senza entrare in minuti particolari intorno al suo meccanismo.

Alla stazione di partenza avvi un quadrante circolare sul quale sono scritte le 24 lettere dell'alfabeto, e le 10 cifre de' numeri arabici (*Vedi Fig.* 5). Il quadrante comunica a mezzo del filo metallico della pila con un altro quadrante simile ad esso, che trovasi alla stazione dell'arrivo e sul quale si ripetono esattamente i movimenti eseguiti sul primo. Quando si vuole trasmettere un dispaccio, si fanno indicare dalla freccia sul quadrante successivamente le diverse lettere ad una ad una che compongono la parola, e coll'attivazione o coll'interrompimento della corrente elettrica che fa muovere la freccia del quadrante alla stazione dell'arrivo, si viene tosto a conoscere le parole tutte che compongono il dispaccio telegrafico.

Telegrafo tipografico. — Sotto questo nome s'indica un telegrafo elettrico, che col soccorso di uno speciale meccanismo, imprime sopra una striscia di carta che corre costantemente come quella del telegrafo *Morse*, le singole lettere ad una ad una costituenti le parole del dispaccio. Ciò si ottiene a mezzo dell'azione meccanica elettro-magnetica, che si sviluppa dalla pila, la quale spinge una lettera alfabetica umettata d'inchiostro, contro la striscia di carta continua or ora indicata. Ma questo telegrafo non è in uso che su qualche linea telegrafica degli Stati Uniti di America, essendochè il telegrafo

Morse adottato generalmente in Europa, presta in certo modo lo stesso uffizio del telegrafo *tipografico*, imprimendo sulla carta de' segni convenzionali abbastanza visibili, i quali corrispondendo alle lettere alfabetiche, ed alle cifre arabiche, servono per comporre le parole del dispaccio.

Telegrafo elettrico sottomarino — La scienza ha realizzato a' nostri giorni una meraviglia, vale a dire la continuazione delle comunicazioni telegrafiche, al di là del continente a mezzo del filo conduttore deposto sul fondo de' mari.

La telegrafia elettrica sottomarina ha presentato per molto tempo alcune difficoltà, per la insufficienza e la scarsezza delle varie materie occorrenti per ottenere la difesa e l'isolamento del filo conduttore in mezzo alla massa dell'acqua del mare eminentemente conduttrice. Soltanto nel 1849 si risolse il problema della telegrafia sottomarina, mercè una considerevole importazione di *guttaperca*, che si fece in detto anno dalla China, la quale sostanza vegetabile fu trovata un eccellente isolante pe' fili elettrici conduttori.

Nel giorno 13 novembre 1851 s'inaugurava il telegrafo sottomarino fra Douvres e Calais. Il conduttore era una grossa gomena metallica resistente ed insieme pieghevole, costituita da quattro fili di rame entro una guaina od involucro di guttaperca, attortigliati a quattro corde di canape, e spalmato il tutto con un miscuglio di catrame e di sego. Questa gomena metallica era involta in una corda di canape intorno alla quale si ravvolgeva un grosso filo di ferro. La guttaperca offriva un mezzo perfetto e sicuro per l'attivazione di un filo elettrico sottomarino, perchè questa sostanza vegetabile oltre di essere un eccellente *isolante*, si presta benissimo, essendo impermeabile, a servire d'involucro ai fili metallici, per difenderli dalla umidità che potrebbe ossidarli in breve tempo.

Il sistema di comunicazione sottomarina fece in pochissimi anni rapidi progressi. I telegrafi sottomarini uniscono in oggi l'Inghilterra alla Francia, all'Irlanda, all'Olanda ed al Belgio. I due continenti l'Europa e l'Africa, comunicano fra loro a mezzo di un telegrafo elettrico che partendosi dal littorale della Francia, va a raggiungere l'isola di Corsica, attraversa lo stretto di s. Bonifacio, percorre l'isola di Sardegna, e immergendosi poi nel Mediterraneo va ad arrestarsi sulle coste dell'Africa presso Bona.

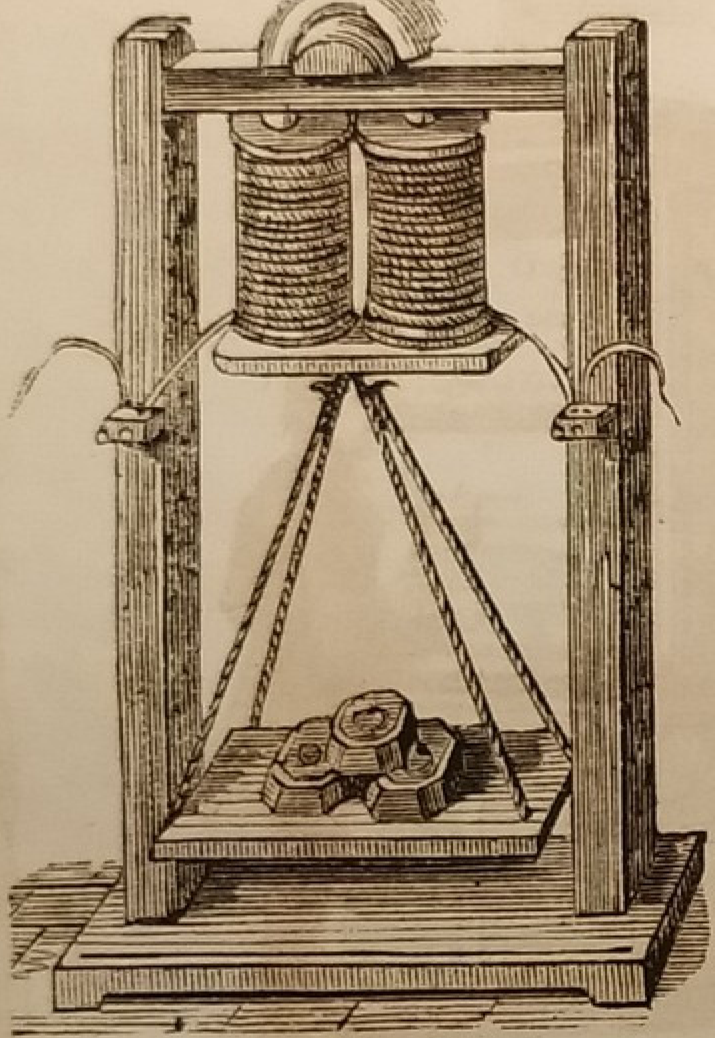
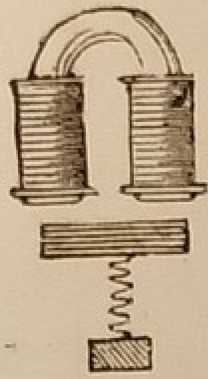


Fig. 1.

Fig. 2.



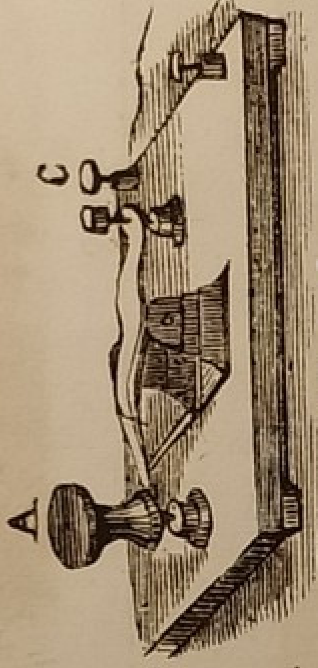


Fig. 4.

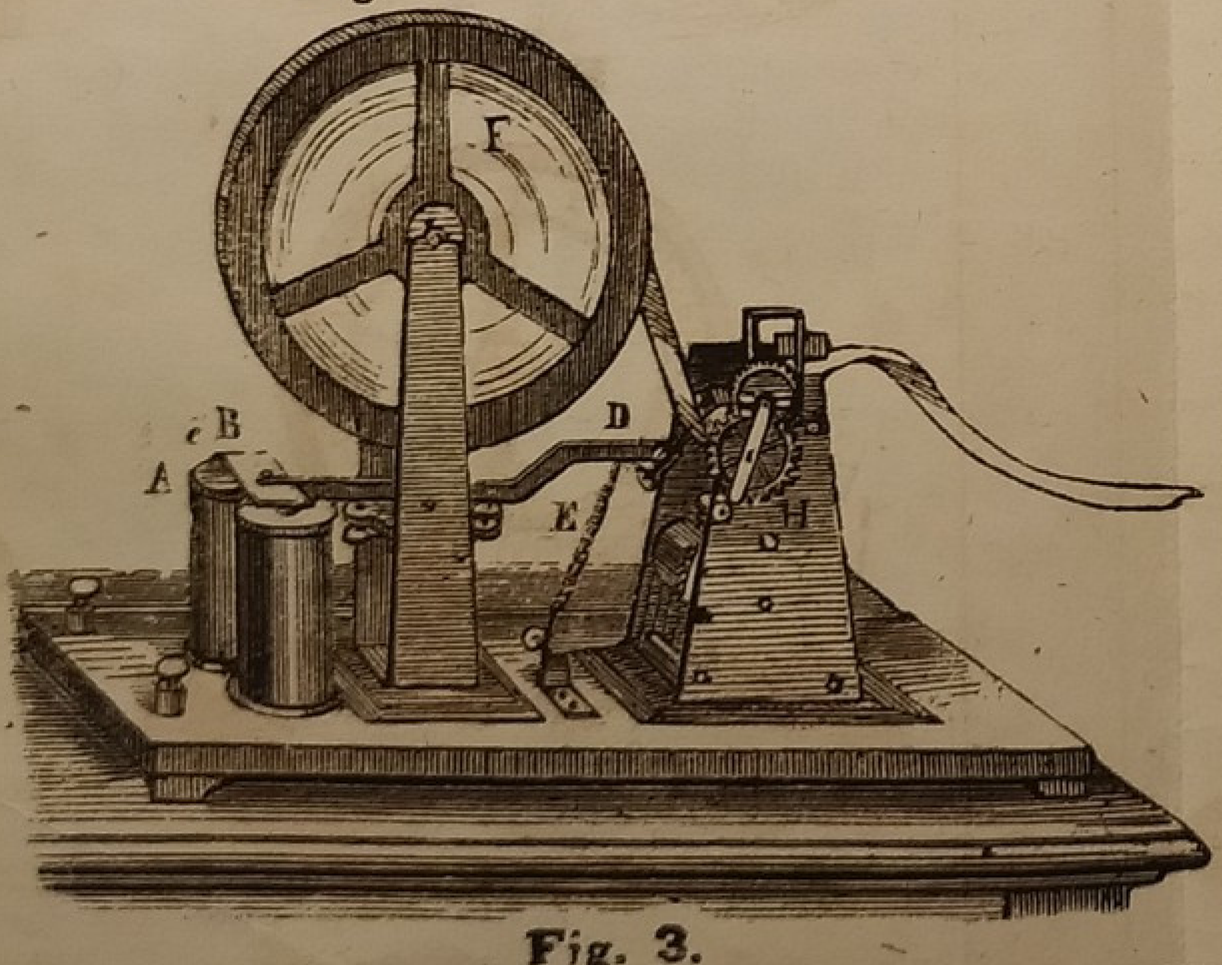


Fig. 3.

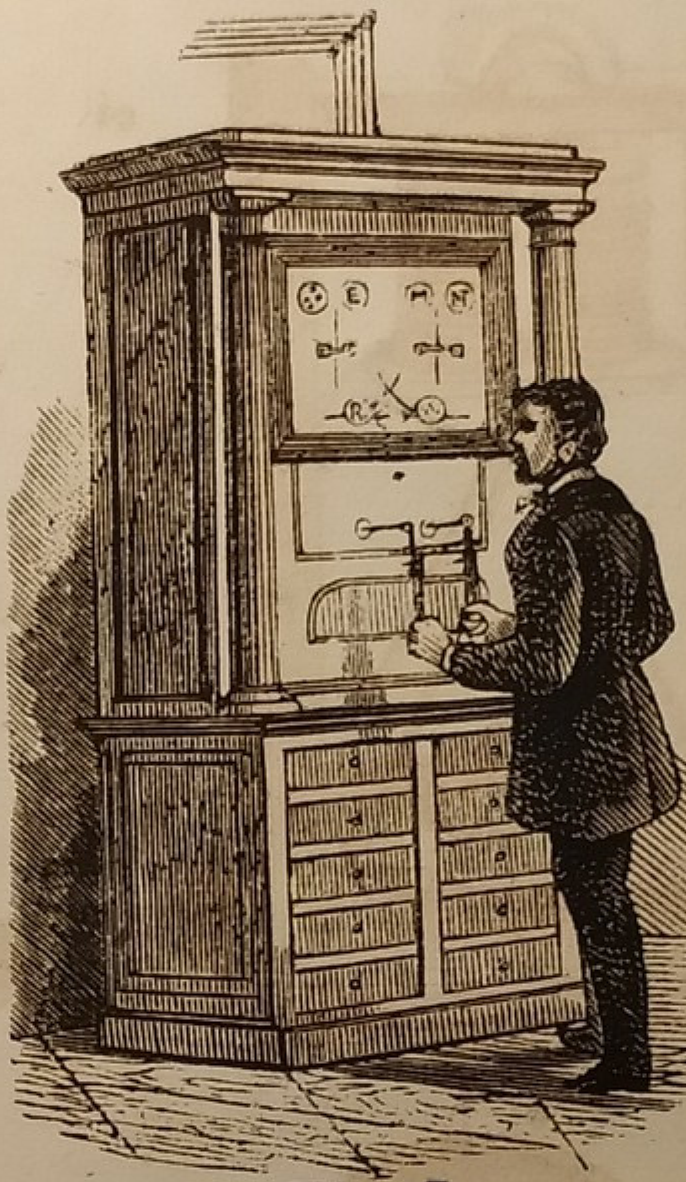


Fig. 5.

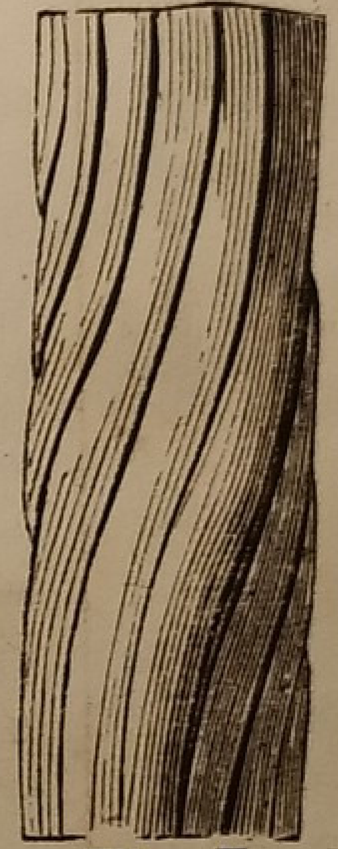


Fig. 7.

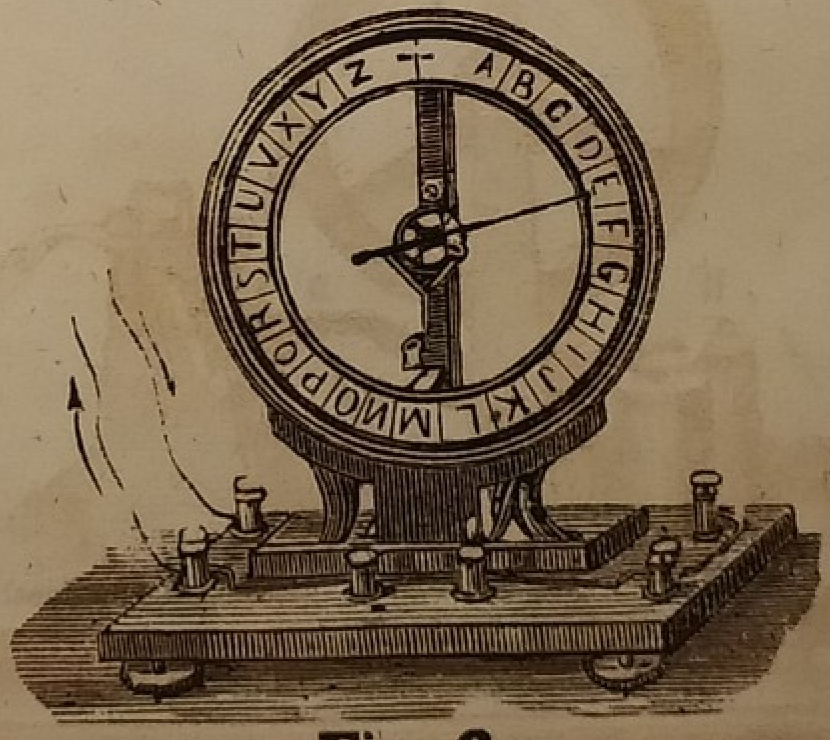


Fig. 6.

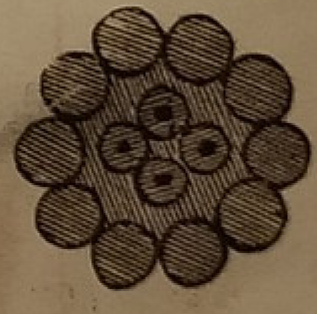


Fig. 8.

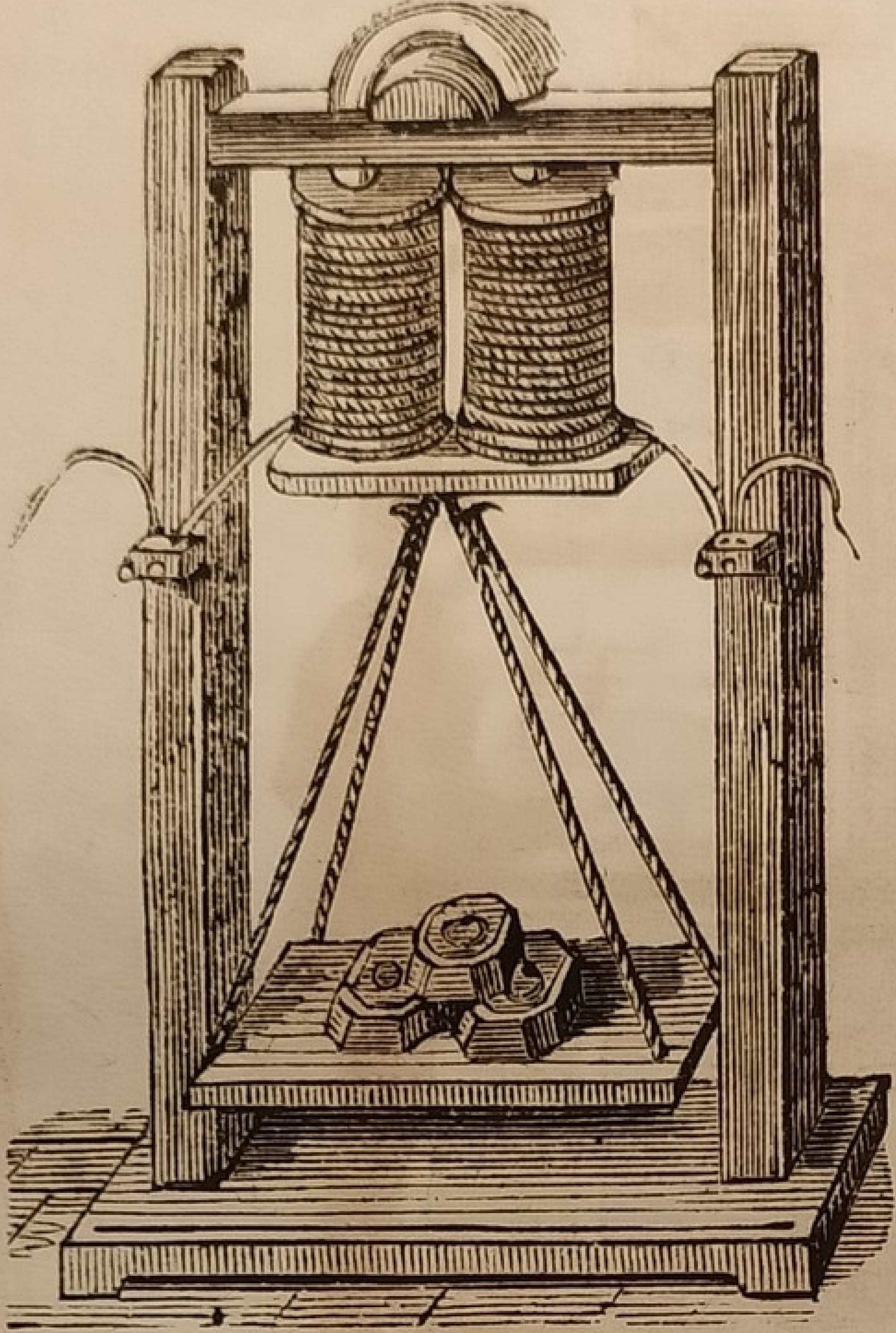


Fig. 1.

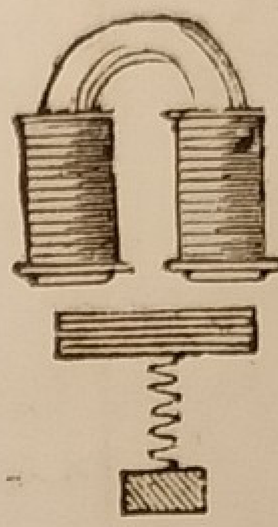


Fig. 2.

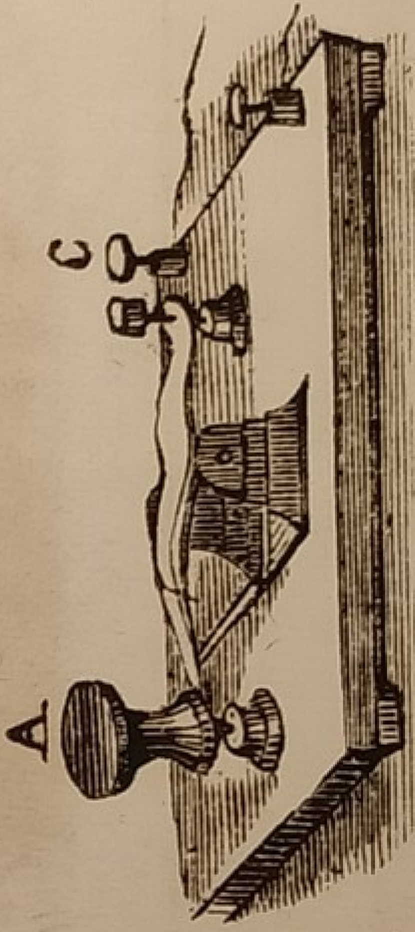


Fig. 4.

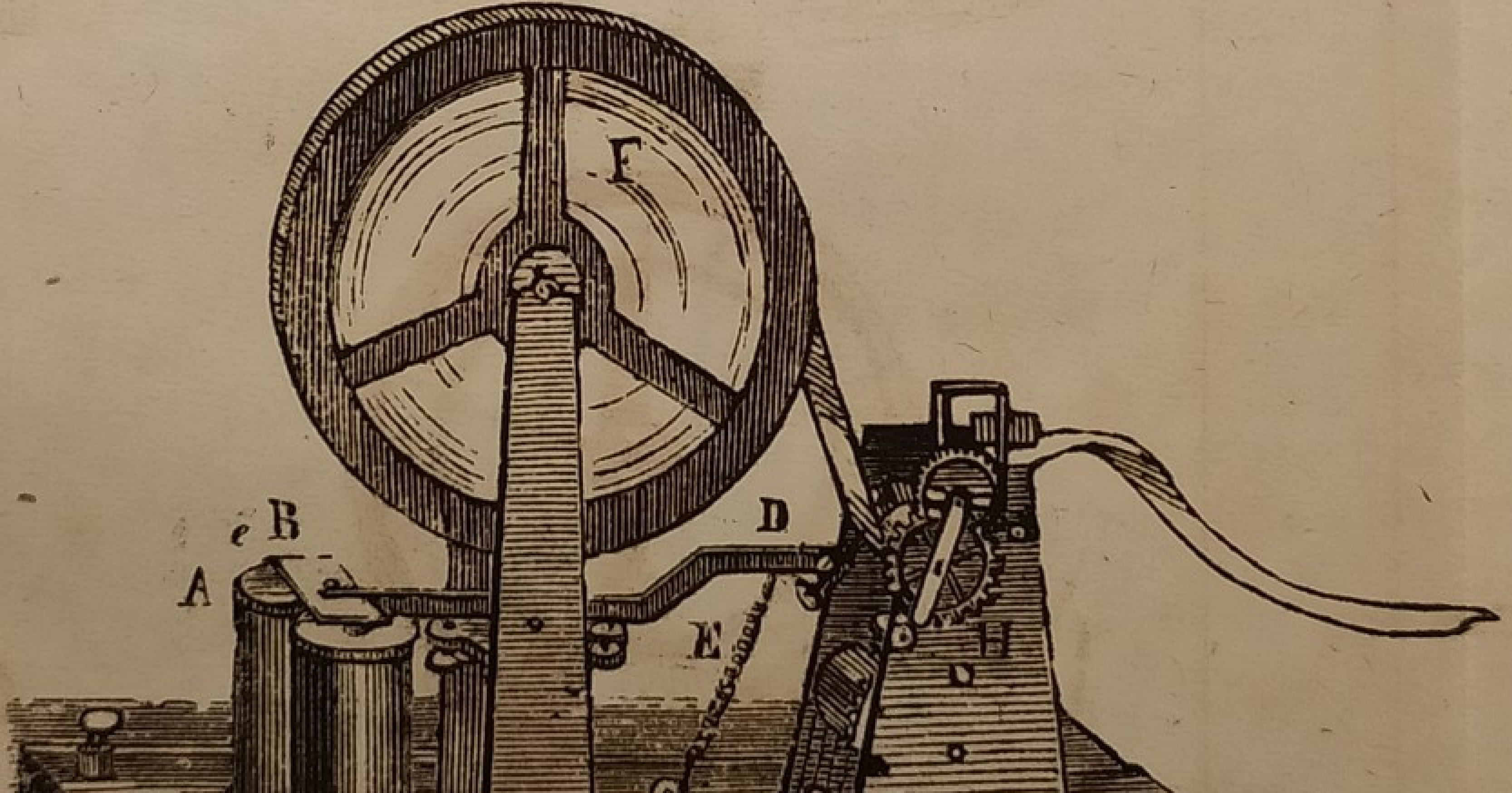


Fig. 3.

Fig. 5.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 6.

Nell'anno 1856 dopo l'entrata delle truppe alleate in Crimea, fu attivato un telegrafo sottomarino attraverso il mar Nero, fra Varna e Balaclava. Con questo telegrafo i governi francese ed inglese venivano informati istantaneamente a Parigi ed a Londra de' movimenti delle armate sul luogo, e del successo de' combattimenti.

Ammirabili creazioni dell'umano ingegno, che sembrano sogni di una potente immaginazione!

La lunghezza della gomena telegrafica da Douvres a Calais, è di circa 30 chilometri, il suo diametro 3 centimetri, e il suo peso 180 mila chilogrammi. Essa è composta, come la dimostra la *Fig.* 6 di quattro fili di rame, inviluppati nella guttaperca; questi fili sono riuniti e coperti da un involucro generale della medesima sostanza, e il tutto è legato solidamente a mezzo di dieci grossi fili di ferro coperti di zinco. Devesi osservare che questi dieci fili metallici esterni non hanno alcuna ingerenza nella trasmissione del fluido elettrico, ma servono soltanto di corazza, o difesa ai quattro fili interni isolati ed al loro involucro, allo scopo di costituire nell'insieme una forza bastante per resistere alle cause esterne di guasto o distruzione.

La *Fig.* 7, rappresenta la sezione della gomena telegrafica da Douvres a Calais. Veggonsi nel mezzo i *quattro fili* di rame col loro involucro, che sono conduttori della corrente elettrica, a all'intorno i *dieci* grossi fili di ferro che li proteggono.

La gomena sottomarina d'Irlanda, che va da Holy-Head a Dublino attraversando il mare, è lunga 130 chilometri, come quella da Douvres a Calais; essa è di un solo filo di rame, coperto di gutta perca, ed ha per difesa esterna 12 fili di ferro sottilissimo. A lunghezza eguale a quella da Douvres a Calais, dessa pesa dieci volte meno, vale a dire 80,000 chilogrammi.

Un giorno solo bastò per isvolgerla, e adagiarla nel fondo del mare.

Telegrafo transatlantico. — Un ardito e grandioso tentativo si fece nel 1858, quello cioè di unire l'Europa all'America. Questa immensa gomena telegrafica lunga 800 leghe, era formata di sette fili di rame attortigliati insieme, e protetti da un inviluppo di gutta perca involto da grossi fili di ferro. Si riuscì facilmente a calare sul fondo dell'Oceano fra l'Irlanda

e l'isola di Terra-nova in America, ma questo filo, essendosi guastato, non potè trasmettere la corrente elettrica che per qualche giorno, per cui si dovette provvedere nell'anno successivo per un secondo esperimento.

Questa opera gigantesca non trasmise che due dispacci nel 5 agosto 1858, l'uno della Regina Vittoria al Presidente degli Stati Uniti d'America, l'altro del Presidente alla Regina, con più di cento parole. Il giorno dopo il telegrafo transatlantico più non agiva. La causa della interruzione della corrente del fluido elettrico fu lo scoppio dell'inviluppo di gutta-perca entro il quale si trovavano i sette fili di rame attortigliati insieme, che costituiscono il conduttore della elettricità, prodotto dalla immensa pressione esercitata dalla massa dell'acqua soprastante, per cui non restò più isolato il conduttore elettrico, essendo a contatto coll'armatura esterna di filo di ferro, e coll'acqua.

Nell'anno seguente gli scienziati inglesi occuparonsi a riparare questo inconveniente, e si credette sufficiente raddoppiare lo spessore dell'involucro di gutta-perca, il quale così avrebbe certamente resistito alla pressione dell'acqua. Oltre ciò si propose sostituire al filo di ferro posto all'intorno della gutta-perca a difesa della medesima, delle funicelle di canapa ben spalmate e imbevute di catrame, tanto per diminuire il peso complessivo della gomma, quanto per accelerare la trasmissione del dispaccio telegrafico, impedendo così che il filo di ferro circondante la gutta-perca potesse nuocere al libero e rapido corso del fluido elettrico lungo il conduttore.

La Società del telegrafo transatlantico sembrava disposta nel 1859 a far costruire la nuova gomena modificata come sopra si è detto; ma questo telegrafo sotto-marino non ebbe ancora il suo compimento.

Un fatto curiosissimo si manifesterebbe qualora si riescisse a porre i due mondi in comunicazione istantanea fra loro a mezzo di un filo telegrafico. Questo fatto sarebbe la notabile differenza dell'ora ossia dell'istante in cui si trasmettesse e si ricevesse il dispaccio. I dispacci spediti dall'Europa nell'America settentrionale si riceverebbero apparentemente *sei ore prima* dell'ora in cui fossero spediti. Per esempio un negoziante di Parigi spedisce un dispaccio a un suo corrispondente a Filadelfia alle ore 10 antimeridiane di un determinato giorno, e a quel momento in America gli orologi segneranno le ore *quattro antimeridiane* del medesimo giorno. Ciò risulta dalla differenza dei meridiani, cioè de' gradi di longitudine.

Dalle osservazioni fatte in proposito, si venne a conoscere, che ciascun paese, che sia situato 15 gradi di longitudine all'ovest del meridiano in Parigi, il sole per quel paese è in ritardo di *un' ora* in confronto di Parigi. Ora siccome la Nuova Orleans è situata 90 gradi di longitudine all'ovest del meridiano di Parigi, il sole si leverà *sei ore* più tardi che a Parigi. Si potrebbe dire adunque in un senso umoristico o problematico, che l'America ricevesse i dispacci telegrafici dell'Europa, *sei ore prima* della loro partenza! Quali stravaganti risultati realizza la scienza fra noi, e qual meraviglia e sorpresa essa reca di continuo al nostro spirito!

CAPITOLO XVIII.

LA GALVANO-PLASTICA.

Storia ed origine della Galvano-plastica. — La *Galvano-plastica* deve la sua origine agli studii chimici, ed agli svariati esperimenti che si fecero colla pila del Volta. Dal momento che l'esperienza fece conoscere, che le correnti elettriche hanno la proprietà di decomporre i sali, e di precipitare il metallo, si pensò di utilizzare questo fatto, onde ottenere de' *sedimenti* metallici coll'impiego di una corrente elettrica. Brugnatelli professore di fisica presso l'università di Padova, allievo del Volta, fu il primo nell'anno 1807 che indicò la maniera di ottenere a mezzo della pila *voltiana* de' sedimenti d'oro o d'argento. Ma la *galvano-plastica* non fu trovata che nell'anno 1837 da' fisici *Spencer* in Inghilterra, e *Jacobi* in Russia.

La Galvano-plastica è una delle applicazioni le più utili che la scienza chimica abbia fatto riguardo ad alcune produzioni artistiche. Essa permette di riprodurre col mezzo di semplici soluzioni saline, e col soccorso dell'elettricità degli oggetti metallici d'*oro*, d'*argento* o di *rame*, che prima dell'anno 1837, non si avrebbero potuto avere che a mezzo del cesello, o colla fusione della materia metallica.

Operazioni pratiche della galvano-plastica. — Quest'arte ha per iscopo la riproduzione di un oggetto qualunque d'oro,

d'argento, di rame o di qual siasi altro metallo. Per ottenere questa riproduzione, si opera sopra uno *stampo* o forma, presa sul medesimo originale che si vuol riprodurre.

Il sedimento o la deposizione del metallo si ottiene, decomponendo a mezzo di una corrente elettrica la soluzione di un sale contenente quel metallo che vuolsi venga deposto, e che si vuol usare. Volendo adunque descrivere le operazioni pratiche della galvano-plastica, dobbiamo indicare:

1. la maniera di preparare la forma o lo *stampo*.

2. la maniera di effettuare sopra questo stampo la precipitazione del metallo a mezzo della corrente elettrica.

Preparazione dello stampo. — La materia che oggidì usasi generalmente per ottenere lo stampo, cioè l'impronta dell'originale, è la *gutta-perca*. Questa sostanza è dotata di qualità preziosissime per servire a questa chimica operazione perchè si rammollisce facilmente a mezzo del calorico, per cui applicando un sottile strato di questa sopra l'originale da riprodursi, con una leggierissima pressione, resta l'impronta dell'oggetto sulla superficie dello stampo.

Raffreddato che sia, per la propria elasticità, si distacca con tutta facilità dal modello, del quale essa conserva fedelmente le traccie più minute, penetrato essendo nelle più picciole cavità dell'oggetto.

Ma se la gutta-perca è una sostanza eminentemente *plastica*, essa poi non può condurre il fluido elettrico, perchè anzi è un *isolante*, come poco fa abbiamo veduto, e per conseguenza impedirebbe il passaggio della corrente elettrica che deve decomporre il sale metallico ch'è nel recipiente. Occorre adunque rendere la superficie interna dello stampo, conduttrice dell'elettricità. Ciò si ottiene spalmando con un pennello le pareti interne dello stampo colla *piombaggine* polverizzata, la quale è un eccellente conduttore del fluido elettrico, per cui rimanendo coperta la gutta-perca con questo strato metallico non può più influire quale *isolante* sulla corrente elettrica.

Maniera di effettuare il sedimento metallico sulla superficie interna dello stampo. — Posto in comunicazione lo stampo a mezzo di un filo conduttore introdotto nell'interno di esso col polo *negativo* di una pila del *Bunsen*, costituita da uno o più elementi secondo il numero o il vo-

lume de' pezzi, s'immerge in una bacinella di legno contenente la soluzione di un sale metallico qualunque, e così pure s'immergono nel bagno il filo od i fili conduttori comunicanti col polo *positivo* dell' apparecchio, come vedesi alla *Fig.* 1.

Siccome questa soluzione terminerebbe ben presto, così occorre immergere nella bacinella un sacco di tela contenente del solfato di rame cristallizzato, il quale si scioglie a mano a mano che viene distrutto il sale dalla corrente elettrica, allo scopo di mantenere sempre il bagno al medesimo grado di saturazione.

L'azione della corrente elettrica fa decomporre il sale metallico, e questo viene diviso ne' suoi elementi, ossigeno e metallo; l'ossigeno corre al polo *positivo*, e si perde nell'aria, il metallo si dirige verso il polo *negativo* precipitandosi in istato metallico. E siccome lo stampo comunica col polo negativo dell' apparecchio, è appunto nell'interno di esso che si effettua la precipitazione del metallo, e le cavità dello stampo trovansi dopo alcune ore riempite del sedimento di quel metallo, che venne decomposto dalla corrente elettrica. Siccome poi il sedimento va sempre più ad aumentarsi per l'azione continua della corrente elettrica la quale non cessa di decomporre il sale metallico, la superficie dello stampo rimane coperta a poco a poco. Trascorsi tre o quattro giorni, lo stampo sarà del tutto coperto, e il sedimento metallico sarà giunto allo spessore desiderato, cioè secondo richiedeva l'oggetto da riprodursi e sarà facilissimo il distacco del sedimento metallico, il quale avrà riprodotto fedelmente i più minuti dettagli dello stampo.

Il rame non è il solo metallo che possa servire alle produzioni galvano-plastiche. Puossi ottenere il medesimo risultato coll'oro e coll'argento, facendo agire la corrente della pila sopra la soluzione de' rispettivi sali, che contengono l'oro o l'argento.

Applicazione diverse della galvano-plastica. — A mezzo di quest'arte si riproducono medaglie, bassirilievi, vasi, statuette ed altro, per cui si possono avere dei fedelissimi *facsimili*, di oggetti preziosi e rari, antichi o moderni, con una modica spesa.

Si tentò anche di riprodurre in tal modo delle statue di

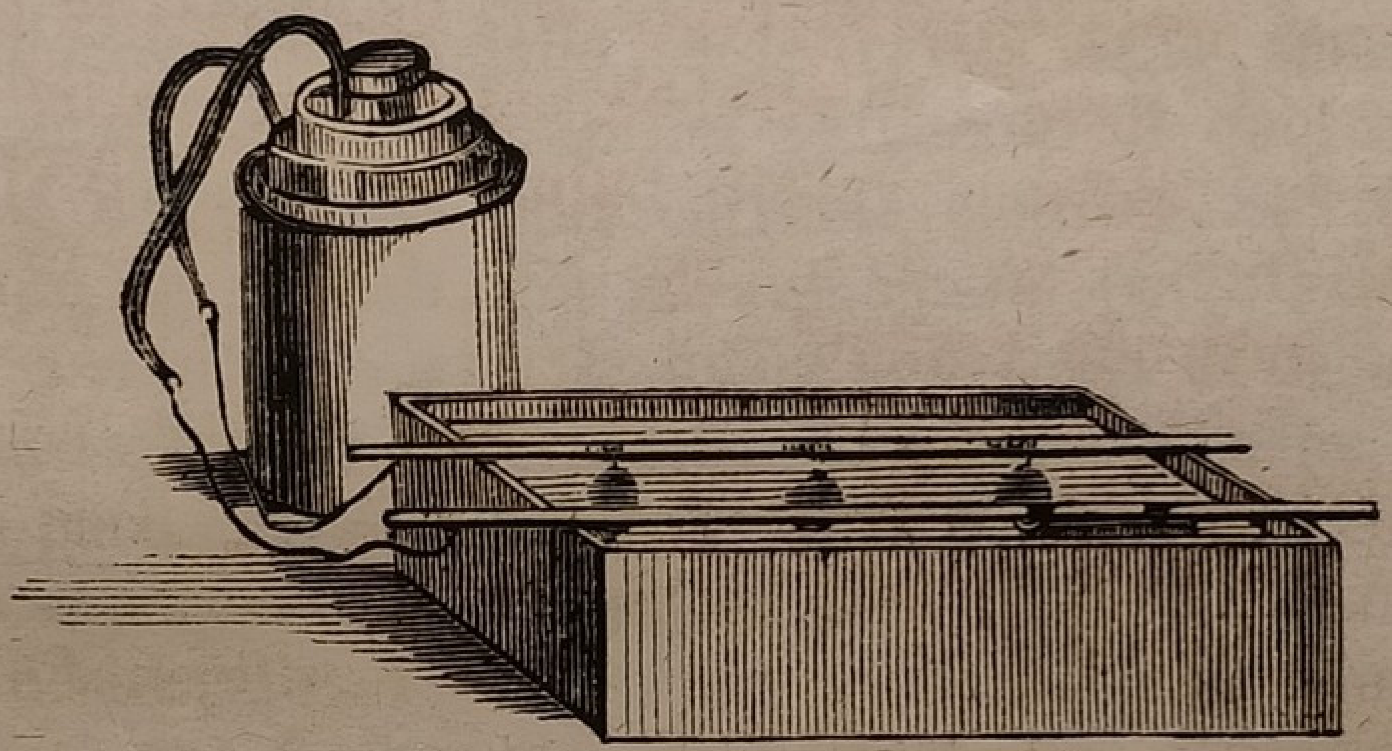


Fig. unica.

grandi dimensioni, prendendone il modello parte a parte, e riunendo poscia diligentemente i varii pezzi per comporre la statua nella sua integrità. Questa importantissima applicazione della Galvano-plastica diede de'buoni risultati, e sostituì pure in avvenire l'antica maniera di fondere i metalli per fondere le statue, o qualsiasi altro oggetto metallico in dimensioni anche colossali.

Aggiungeremo che quest'arte novella viene applicata anche a vantaggio della tipografia, potendosi a mezzo di essa riprodurre le *matrici* o *ponzoni* de' caratteri rari, e prossimi ad esaurirsi. Così pure si possono riprodurre i tipi metallici incisi in rilievo, che servono per imprimere le figure e le vignette intercalate nelle pagine di un libro da stamparsi. Si ottenne eziandio la riproduzione delle piastre di rame incise col bulino, che trovansi ancora in istato buono, dopo aver servito lungo tempo, per cui una piastra incisa si può perpetuare all'infinito. Se fosse stata conosciuta la galvano-plastica ne' secoli scorsi, si avrebbe potuto perpetuare le piastre incise da celebri e valenti bulini de' secoli XVII e XVIII, le quali rese logore da un uso eccedente della tiratura delle copie, andarono perdute.

CAPITOLO XIX.

LA DORATURA, E LA INARGENTATURA ELETTRO-CHIMICHE.

Storia. — La doratura, e la inargentatura de' metalli si ottenevano per lo passato a mezzo del mercurio.

Per dorare od inargentare il rame, il bronzo, lo zinco e l' ottone, si preparava un amalgama d' oro o d' argento combinato col *mercurio*. Con questo amalgama e in istato liquido, si spalmavano con un pennello i pezzi metallici, e posti che erano su' carboni ardenti, il mercurio si volatilizzava, e l'oro o l' argento restavano aderenti alla superficie de' pezzi.

Questo processo chimico era pur troppo la cagione di tristissime conseguenze pegli operai. Il vapore del mercurio si spandeva nella officina, e l'aria impregnata di quel vapore venefico si respirava da quegl' infelici, i quali dopo non molto tempo venivano attaccati da malattie, e specialmente dalla così detta paralisi o tremolio, per cui se anche sopravivevano, non erano più atti al lavoro. La scoperta della doratura e della inargentatura a mezzo della pila venne in soccorso dell' umanità, facendo sparire e cacciando nell' oblio la mor-

tifera industria della doratura a mezzo dell' amalgama mercuriale (*).

Questa operazione, che venne immaginata nel 1841 da un chimico francese per nome Ruolz, è una ingegnosa applicazione del processo galvano-plastico. La doratura e la inargentatura elettro-chimiche non sono altro che un' operazione galvano-plastica, per verificare la quale meno lo *stampo*, si usa il medesimo apparecchio che abbiamo descritto nel precedente *Capitolo* vale a dire, la pila, il bagno, ed un sale metallico. La sola difficoltà è la scelta del sale d'oro o d'argento che devesi impiegare, perchè la operazione abbia a riuscire perfetta.

Descrizione dell' operazione. — Per dorare, od inargentare un oggetto di rame o di bronzo, si fa comunicare attaccandolo ad un filo metallico col polo *negativo* della pila del *Bunsen*, e s' immerge nel bagno. Il polo *positivo* della pila si mette in comunicazione col bagno stesso a quella medesima guisa come si fa nella galvano-plastica, e che si è dimostrato alla *Fig.* 1. Nel bagno trovasi del *cianuro d'oro* o d'*argento* sciolto nel *cianuro* di *potassio*. Si mette la pila in azione, e per l' influenza della corrente elettrica, il cianuro d' oro o d' argento si decompone, il *cianogene* corre verso il polo positivo della pila e si perde nell' aria, e la base metallica si precipita verso l'oggetto ch' è attaccato al filo conduttore comunicante col polo negativo coprendolo di un sottilissimo strato.

Nel periodo di pochi minuti, l'oggetto rimane bello e dorato, od inargentato. Volendosi ottenere una doratura od argentatura più forte, o come suol dirsi doppia, basta lasciare il pezzo qualche minuto di più nel bagno. Fatto ciò, non resta che a lucidare il pezzo levato dal bagno, assoggettandolo alla *brunitura* per dargli il lucido, il che si ottiene, strofinando l' oggetto con un pezzo di agata, o di qualche altra pietra dura.

(*) La medesima influenza venefica viene esercitata egualmente dal mercurio sugli applicatori della foglia metallica agli specchi. Questi infelici dopo alcuni anni, vengono attaccati dalla paralisi locale agli arti superiori, e specialmente alle mani, per cui si rendono inetti a qualsiasi lavoro meccanico.

Deposizione di diversi metalli gli uni sopra gli altri. — L'oro e l'argento non sono i soli metalli che a mezzo della galvano-plastica si fanno deporre in sottilissimo strato sopra un altro metallo, ma puossi anche ottenere la precipitazione di diversi metalli gli uni sopra gli altri, il sedimento del platino, del piombo, del cobalto, del nikell, vale a dire, sopra un altro metallo. La sovrapposizione di più metalli però non si fece che per esperimento, perchè ciò non offre alcuna utilità nella pratica, ma soltanto per provare se poteva realizzarsi facilmente questa chimica operazione.

Vasellame dorato od inargentato a mezzo del processo elettro-chimico. — L'applicazione più importante e insieme più vantaggiosa che siasi fatta della doratura od inargentatura elettro-chimica, è quella relativa alla preparazione del vasellame ad uso domestico, e delle posate da tavola. Tale operazione occupa una gran parte della moderna industria manifatturiera. Con un modico prezzo ciascuno può procurarsi il vantaggio di avere tutti gli utensili relativi ad un completo servigio da tavola, o dorati od inargentati a mezzo della pila. Perduta che abbiano la così detta foglia d'oro o d'argento, dopo averli usati per lungo tempo, si fanno coprire di nuovo a mezzo della corrente elettrica. Quest' arte procura in oggi a qualsiasi classe di persone que' vantaggi e quelle compiacenze che erano il privilegio dei pochi favoriti dalla fortuna.

CAPITOLO XX.

L' OROLOGIO ELETTRICO

Fra le meraviglie scientifiche dell' odierno progresso è da annoverarsi certamente *l' orologio elettrico*, il quale segna le divisioni del tempo, ripetendo nel medesimo istante le indicazioni di un orologio meccanico scelto per modello, e qual regolatore gli *orologi elettrici*.

In tal modo puossi indicare le ore ed i minuti sopra un numero indeterminato di quadranti, situati sulle piazze delle città, nelle sale di un palazzo, nelle officine delle fabbriche, a mezzo dei fili conduttori che partono dall'orologio meccanico, col quale sono in comunicazione.

Ora cercheremo di far conoscere, in qual modo si possano far avanzare le frecce di molti quadrati situati a varie distanze, a mezzo della corrente elettrica, riproducendo fedelmente le mosse delle freccie dell' unico orologio meccanico regolatore.

Come già abbiamo veduto nel *Capitolo* V, un orologio a ruote si riduce a due elementi principali cioè alla forza motrice che può essere un peso od una molla, e al bilanciere o *pendolo*, che per l' uniformità delle sue oscillazioni è destinato a regolare la batteria del tempo. Il principio adunque sul quale si appoggia la costruzione dell' orologio elettrico, è quello di trasmettere a distanza le oscillazioni del pendolo ed ecco in quale maniera ciò si ottiene.

Ad ambedue l' estremità dell' arco di cerchio descritto dalla parte inferiore del pendolo, si fissano due laminette metalliche, le quali vengono toccate leggermente dal pendolo stesso nell' alternativa delle sue oscillazioni. Queste due lamine sono in comunicazione fra loro a mezzo di un filo metallico, e comunicano poi con uno dei fili conduttori della pila voltaica, per cui va a stabilirsi la corrente elettrica, che percorre in tutta la sua lunghezza il filo conduttore, trovandosi compreso nel circuito della corrente elettrica l'orologio-tipo. Questa comunicazione si stabilisce necessariamente ogni qualvolta il pendolo ch' è di metallo, e per conseguenza un buon conduttore dell' elettricità viene a mettersi in contatto colle due laminette metalliche situate al punto di confine destro e sinistro del tratto percorso dalla estremità del pendolo stesso, le quali poi comunicano, come abbiam detto, colla pila.

Stabilita così la corrente, questa viene interrotta tostochè il pendolo abbandona e si stacca dalla laminetta colla quale fu a contatto, e si ristabilisce di nuovo quando il pendolo giunge a toccare la laminetta collocata al lato opposto, dal che si viene a conoscere, che a ciascuna oscillazione del pendolo vi sarà attivazione e sospensione della corrente elettrica. Ora, se il filo comunicante colla pila che parte dall'orologio meccanico, è messo in comunicazione a qualsiasi distanza con un quadrante da orologio, sprovveduto di qualsiasi meccanismo di orologieria, e avente soltanto le due freccie per indicare le ore e i minuti, e che la estremità di questo filo lo si ravvolga ad un piccolo *elettro-magnete* collocato dietro il quadrante, il quale scaricandosi dell' elettricità, può trarre a se una picciola spranghetta di ferro cioè, *un' armatura* che trovasi a lui dinanzi, ecco quel che avverrà.

Quando il pendolo dell'orologio regolatore va a stabilire colle sue alternate oscillazioni la corrente elettrica, che passa attraverso i due quadranti situati nello stesso circuito, l' *elettro-magnete* infisso al quadrante situato a distanza, divenendo attivo, attrae la picciola spranghetta di ferro che si trova a lui dirimpetto.

Nello spostarsi questa spranghetta, spinge a mezzo d' un *rocchetto* la ruota delle freccie del quadrante, la quale aggirandosi intorno al proprio asse, fa avanzare di un picciolo tratto

la freccia del quadrante medesimo. Ma il ritorno del pendolo dell' orologio regolatore avendo interrotta la corrente elettrica e quindi il passaggio dell' elettricità in questo sistema, l'*elettro-magnete* del quadrante a distanza non ricevendo più fluido elettrico diviene inattivo, e abbandona la spranghetta metallica, la quale col soccorso di questa molla riprende il suo posto e mantiene per un istante immobile la freccia del quadrante, fino a che una successiva oscillazione del pendolo ristabilendo la corrente elettrica, viene ad imprimere a mezzo dell'indicato meccanismo, un nuovo movimento alla ruota collocata dietro il quadrante a distanza, che fa progredire di un altro passo la freccia del quadrante medesimo. E siccome il pendolo di un orologio-tipo segna il minuto *secondo*, vale a dire compie la sua oscillazione nell'intervallo di un *secondo*, vedesi, che la freccia maggiore (quella cioè dei minuti) del quadrante a distanza, si avanza ad ogni *secondo*, indicando il movimento del pendolo dell'orologio-modello regolatore.

Noi abbiamo supposto che l' orologio regolatore sia in comunicazione con un solo quadrante; ma egli è chiaro, che a mezzo dei fili conduttori si possono far comunicare più quadranti, compresi nel medesimo circuito della pila, coll' avvertenza però che la forza dell'apparecchio elettrico, destinato a trasmettere l'elettricità in tutto il sistema, dev'essere aumentata in proporzione del numero dei quadranti che devono agire. Da ciò si conosce, che con un solo orologio *meccanico*, si può far muovere le freccie di un certo numero di *orologi elettrici*. Lo stesso mezzo fisico che serve a tracciare de' segni a distanza nel telegrafo elettrico del Morse permette egualmente di telegrafare il *tempo*, vale a dire di segnare le sue divisioni. E diffatti, quando si fa agire il telegrafo elettrico, è la mano dell' operatore, che alla stazione di partenza attivando e interrompendo la corrente elettrica, mette in azione l'elettro magnete che trovasi alla stazione opposta dell' arrivo. Nell' orologio elettrico, il pendolo di un orologio meccanico sostituisce la mano dell'impiegato del telegrafo, e colle sue oscillazioni, attiva ed interrompe la corrente ad eguali intermittenze, per cui trasmette a distanza le divisioni del tempo, vale a dire fa segnare il *minuto secondo* alla freccia maggiore del quadrante dell' orologio elettrico.

Questa bella applicazione del principio della telegrafia elettrica è stata realizzata per la prima volta nel 1839 dal fisico Steinheil di Monaco. Nell'anno successivo il fisico Wheastone, quello stesso che introdusse in Inghilterra il telegrafo elettrico, costruì a Londra un orologio elettrico, fondato sul medesimo principio che or ora si espose. A mezzo del pendolo di un orologio meccanico, egli faceva ripetere dalle freccie di più quadranti situati a diverse distanze, le ore ed i minuti, che indicavano gl'indici dell' orologio regolatore.

Il primo saggio pratico per l'applicazione della *orologieria elettrica* in una grande città, venne fatto a Lipsia nel 1850 dal meccanico Storer insieme ad un orologiaio della stessa città per nome Scholle.

L'orologieria elettrica si cominciò ad attivare in alcune città di Europa, quantunque non siasi saputo ancora vincere in modo soddisfacente le difficoltà che s'incontrano, quando si vogliono moltiplicare i quadranti, e collocarli a grandi distanze fra loro.

Il sistema degli orologi elettrici non venne posto fino ad ora in piena attività che nella città di Guie nel Belgio; vi sono da oltre cento quadranti elettrici sparsi per la città e sono applicati ai fanali a gas. Questi quadranti comunicano fra loro a mezzo di un filo conduttore della corrente elettrica, che li fa poi tutti comunicare coll'orologio-modello. Nell'anno 1856 furono attivati alcuni orologi elettrici anche nella città di Marsiglia.

Nell'interno delle stazioni di molte strade ferrate della Francia, specialmente in quelle delle ferrovie del Nord, del Sud, e dell'Ovest furono attivati gli orologi elettrici nelle sale di aspetto.

Alcune difficoltà pratiche, specialmente quella di condurre sotterra i fili conduttori, e di conservarli a lungo illesi da qualsiasi nocumento, si oppongono ancora all'attivazione generale della orologieria elettrica, ma forse nuovi perfezionamenti faranno superare anche tali ostacoli, e allora si potrà dovunque utilizzare una così bella ed utile invenzione.

CAPITOLO XXI.

DEI VARII MEZZI D'ILLUMINAZIONE

In questo Capitolo ci faremo a descrivere brevemente i diversi mezzi d'illuminazione antichi e moderni.

A. *Illuminazione presso gli antichi.*

Il mezzo primitivo per rischiarare le tenebre della notte, si fu l'accensione di varii legni resinosi fatti a pezzi, il che si usa anche oggidì presso alcuni popoli selvaggi.

Presso le nazioni, che furono le prime a civilizzarsi, l'olio e la cera furono le prime sostanze impiegate per la illuminazione. Gl'indiani, tutti gli abitanti dell'alta Asia, l'Egitto, e il popolo ebreo, usarono da tempo immemorabile le lampade ad olio. Nei gabinetti di antichità si trovano moltissime lampade di svariate e bizzarre forme provenienti dall'Egitto, dai greci e dai romani.

Ma tutti questi modelli erano fondati sul medesimo principio: la combustione cioè dell'olio a mezzo di uno stoppino di cotone immerso nel liquido, il quale si porta fino all'estremità dello stoppino stesso ch'esce dal becco della lampada per la forza assorbente della *capillarità* del cotone.

L'uso del sego, vale a dire del grasso animale, è posteriore a quello dell'olio e della cera.

Le candele di sego furono usate la prima volta in Inghilterra nel secolo XII, e in Francia non si adoperarono che nell'anno 1370 sotto Carlo V.

B. *Illuminazione ad olio.*

Perfezionamento dell'illuminazione ad olio nei tempi moderni. — La illuminazione a mezzo delle sostanze grasse liquide, vale a dire a mezzo delle lampade, non avea fatto il minimo progresso dall'origine delle società civilizzate sino verso il fine del secolo XVIII quando un fisico ginevrino per nome **Argand**, inventò gli stoppini circolari di cotone tessuto e il tubo o camino cilindrico di vetro, da applicarsi alle lucerne ad olio. Queste nuove disposizioni fecero sì, che la combustione dell'olio riescisse perfetta, e producesse una luce molto più viva, mercè il maggior influsso dell'aria attorno la fiamma. Questa invenzione venne a perfezionare ad un tratto la illuminazione a mezzo delle lampade. Il *quinquet*, ossia lucerna avente il serbatoio dell'olio superiore al becco cui è applicato il lucignolo, fu il primo apparecchio d'illuminazione che ricevette l'applicazione dei tubi cilindrici di vetro che chiudono la fiamma, e degli stoppini circolari di cotone.

Scoperta della lucerna meccanica. Lucerna Carcel. — Il *quinquet*, e qualche altro simile apparecchio nel quale il serbatoio dell'olio era collocato superiormente al becco d'onde esce la fiamma, aveano l'inconveniente di proiettare un'ombra a cagione del serbatoio dell'olio collocato lateralmente, per cui la luce emanata dalla lucerna non potea rischiarare equabilmente una stanza in senso circolare.

Molti esperimenti vennero fatti al principio del nostro secolo ond'evitare questo inconveniente, ma riuscirono tutti imperfetti.

Circa l'inconveniente dell'ombra prodotta dal serbatoio dell'olio si era trovato il modo di evitarlo, modificando la costruzione delle lucerne inventate da Argand, prima che Carcel producesse le nuove sue lampade.

Il serbatoio dell'olio, che nelle prime lucerne di Argand era formato a vaso cilindrico, e collocato di fianco e superiormente alla fiamma, venne invece trasformato in un serbatoio circolare orizzontale, sostenuto dal piedestallo della lucerna e comunicante

col tubo verticale della medesima, per trasmettere l'olio allo stoppino che si trova appunto entro il tubo indicato. Questo serbatoio, che trovasi un po' al disotto del punto d'onde esce la fiamma oltre di permettere che la luce si diffonda tutta all'intorno, ed illumini la stanza per ogni verso, serve anche a sostenere la campana emisferica, o calotta di cristallo appannato, che suolsi applicare a siffatte lucerne per moderar la intensità della luce resa più viva dall'ossigeno contenuto nell'aria, la quale, mercè un particolare meccanismo, entra per alcuni forellini praticati nella parte inferiore del tubo che contiene lo stoppino, ed esce al punto dove si trova la fiamma, attraversando lo stoppino medesimo.

Nell'anno 1800 l'orologiaio *Carcel* inventò la lampada a pompa che in Francia porta il nome dell'inventore, per togliere l'inconveniente dell'ombra prodotta dal serbatoio dell'olio, e rischiarare per conseguenza circolarmente tutti i punti di una stanza, e nello stesso tempo per alimentare coll'olio senza interruzione ed uniformemente lo stoppino fino all'estremità in cui avviene la combustione, Carcel destinò il piedestallo della lucerna a serbatoio dell'olio, e provocò l'ascensione del medesimo fino allo stoppino, a mezzo di un meccanismo di orologieria, facendo muovere una piccola pompa aspirante che fa innalzare l'olio entro un tubo metallico verticale, e lo conduce fino al becco della lucerna. La molla che è la causa motrice del meccanismo viene tesa o caricata a mezzo di una chiave, come negli orologi.

La lucerna *Carcel* è la migliore, e la più perfetta di qualsiasi altra lucerna ad olio che si conosca. Usasi anche oggidì con qualche modificazione secondaria, e di poca importanza. Carcel è morto nell'anno 1812.

Lampada a moderatore. — Tale apparecchio d'illuminazione fu inventato nel 1836 da un meccanico francese per nome Franchot. Questa lucerna è bensì più economica di quella di Carcel, ma è di minore durata relativamente al suo meccanismo. In questa lucerna, ch'è divenuta in oggi di un uso generale, pel basso prezzo con cui puossi comperare, invece del sistema di ruote che trovasi nella lucerna *Carcel*, avvi una semplice molla che si carica con una chiave. Alla parte superiore della molla è attaccato uno stantuffo; per la forza elastica della molla stessa, che tende a distendersi, lo stantuffo esercita una pressione sopra l'olio, e l'obbliga ad in-

nalzarsi nell'interno del tubo metallico verticale, ch'è immerso nel serbatoio dell'olio, ed arriva fino al becco della lucerna, dove trovasi lo stoppino e si effettua la combustione.

Il nome di *lampada a moderatore* venne dato a questo apparecchio, perchè esiste nell'interno del tubo pel quale ascende l'olio, una spranghetta metallica libera che segue il movimento dello stantuffo, e che secondo l'altezza in cui si trova, si presta a rendere costantemente la medesima quantità di olio che viene spinto verso il becco della lucerna per alimentare la fiamma. Questa spranga regola e rende uniforme l'ascesa dell'olio per tutto il tempo che impiega la molla a distendersi, il cui movimento non è al certo uniforme, perchè si fa sempre più lento, a mano a mano che la molla si estende, per ripigliare la primitiva sua posizione. La spranga metallica o *moderatore* è attaccata superiormente allo stantuffo, e per conseguenza è obbligata a seguirlo in tutti i suoi movimenti. Dapprincipio, vale a dire nei primi istanti della reazione o distesa della molla, questa spranga occupa quasi tutta la capacità interna del tubo dell'olio, che è spinto verso lo stoppino. Ma a mano a mano che discende lo stantuffo, questa spranga che discende con esso, lascia al passaggio dell'olio uno spazio che diviene progressivamente più grande, e permette l'arrivo di una quantità di olio che a poco a poco si aumenta. In tale maniera, l'abbassamento progressivo della spranga nell'interno del tubo del quale dapprima occupava quasi tutta la capacità, serve a compensare l'indebolimento che subisce la forza motrice a misura che si distende la molla, essendochè l'abbassamento di questa spranga aumenta lo spazio del condotto che dà accesso all'olio. Questa spranga adunque può intitolarsi a tutta ragione *compensatore* o *moderatore*.

C. *Illuminazione a gas.*

Storia. — Verso l'anno 1820 si diffuse, e si cominciò a generalizzare in Francia un nuovo sistema d'illuminazione, che dovea in breve produrre una completa rivoluzione nelle pubbliche e domestiche abitudini, e a realizzare un rilevante risparmio nell'uso dei varii combustibili usati fino allora per la illuminazione, offerendo a buon mercato a ciascuno una luce intensa e risplendentissima.

Crediamo far cosa grata di dare alcuni particolari intorno all'origine e al progresso della illuminazione a gas, la quale venne tentata molti anni prima dell'epoca suindicata.

Filippo Lebon, inventa l'illuminazione a gas. — Sapevasi verso la fine del secolo XVIII, che dal carbon fossile rinchiuso in un recipiente metallico, e sottoposto all'azione del fuoco sviluppavasi un gas infiammabile, ma ad onta di tale conoscenza non si era mai tratto alcun partito dalla particolarità di questo minerale.

Nel 1786 il giovine ingegnere francese per nome Filippo Lebon nato a Brachet (Alta-Marna) nel 1765, s'immaginò di far servire i gas provenienti dalla distillazione del legno, i quali sono infiammabili, qual mezzo d'illuminazione.

Tre anni dopo, cioè nel 1789, Lebon ottenne un brevetto d'invenzione di un apparecchio, cui esso avea dato il nome di *termolampo* o *stuffa che riscalda e rischiara con economia*, e ch'egli offriva come un mobile da collocarsi nell'interno delle abitazioni. Per ottenere il gas, poneva in un grande recipiente metallico dei pezzi di legno ben secco, ch'egli sottometteva all'azione di un fuoco violento. Questi pezzi di legno dapprima abbrustoliti si decomponevano in seguito, e ne risultava dalla decomposizione, oltre un gas infiammabile, delle materie empireumatiche, dell'aceto e dell'acqua. Il calore che emanava dalla stuffa dovea servire a riscaldare la stanza in cui si trovava, e il gas prodotto dalla decomposizione del legno rischiarare la medesima.

La prima città in cui Lebon tentò d'introdurre il suo *tremolampo* fu la *Havre*. Ma il gas preparato in tal guisa avea due grandi inconvenienti, l'uno di dare poca luce, l'altro di tramandare una puzza molto nauseante perchè non era depurato, il che fece fallire ad un tratto le sue speranze. Lebon si recò a Parigi, e per dare al pubblico un saggio della sua nuova scoperta, illuminò il suo appartamento e i giardini sulla strada di s. Domenico, col gas ottenuto dalla torba invece che dal legno.

Ma anche questo gas era impuro, per cui non solo la luce era pallida e fiacca, ma tramandava eziandio fetidissime esalazioni, dichiarate dai fisici anche nocive alla salute. Il povero Lebon fu costretto ad abbandonare suo malgrado un'impresa, che l'avea ormai ridotto quasi alla miseria, per le ingenti

spese che per alcuni anni avea incontrate onde replicare le sue esperienze, e costruire i suoi *termolampi*.

Murdoch e Winsor. — Nel 1798 l'ingegnere inglese *Murdoch*, che già conosceva i risultati ottenuti a Parigi dall'ingegnere Lebon intorno alla nuova maniera di illuminazione a mezzo del gas da esso lui immaginata, volle rischiarare pure col gas prodotto dalla combustione del carbon fossile, il maggior locale appartenente alla fabbrica manifatturiera di James Watt, ma soltanto nell'anno 1805 l'intero stabilimento venne illuminato a gas, il quale però avea ancora l'inconveniente di tramandare uno spiacevole odore, perchè depurato imperfettamente.

Qualche tempo dopo, un tedesco per nome *Winsor*, costituì in Inghilterra una società industriale per l'applicazione del gas alla pubblica illuminazione.

Nel 1823 vi erano a Londra molte società per la pubblica illuminazione a gas, ormai fatte ricche e potenti, fra le quali figurava quella di Vinsor, protetta dal re Giorgio III, che sola avea collocato oltre cinquanta leghe di tubi conduttori sotto il selciato delle strade della città.

Nell'anno 1815, Vinsor erasi recato in Francia per introdurre anche fra noi questo nuovo mezzo d'illuminazione, ma contrariato dalle diverse società che aveano l'appalto della pubblica illuminazione ad olio, e poco favorito dal governo, dopo aver sostenuto delle terribili lotte per la collisione dei particolari interessi, dovette rinunziare alla sua impresa. Qualche anno dopo però, mercè la protezione che Luigi XVIII, accordò ad una grande società che proponeva d'illuminare a gas la città di Parigi, venne questa attivata, e la nuova impresa fu in breve coronata dal più felice successo.

Da quanto abbiamo esposto si viene a conoscere, che l'invenzione della illuminazione a gas venne ideata in Francia, e attivata poscia per la prima volta in Inghilterra nell'anno 1805. L'inventore di questo nuovo metodo d'illuminazione Filippo Lebon morì a Parigi nel 1802 in istato povero, quasi dimenticato e senza aver raccolto alcun frutto delle sue fatiche, e delle sue esperienze, sacrificate e vita e sostanze per amore della scienza.

Composizione del gas illuminante. — Il gas che serve

per la illuminazione è costituito essenzialmente d'idrogeno bicarbonato, il quale risulta dalla combinazione chimica del carbone coll'idrogeno ch'è un corpo semplice gazoso. Qualunque sostanza che contenesse carbone ed idrogeno produrrebbe, se si riscaldasse fortemente, gas infiammabili atti alla illuminazione. Le materie organiche che presenta questa composizione, come sarebbe a dire l'*olio*, la *torba*, le *resine* ed i *corpi grassi*, potrebbero servire per ottenere un gas illuminante, ma generalmente si adopera il carbon fossile, perchè questo minerale lascia quale residuo, dopo la sua combustione, una specie di carbone detto *Coke*, dalla cui vendita si viene a coprire quasi tutta la spesa di acquisto del carbon fossile, essendo questo combustibile ricercato non solo per alimentare le fornaci e le fucine, ma eziandio per tutti gli usi domestici in sostituzione della legna da fuoco.

Preparazione del gas. — Per ottenere il gas dal carbon fossile, si mette questo in alcuni vasi di ghisa, o di terra-cotta detti *storte*, i quali poi vengono collocati entro ai forni di mattonelle riscaldati da un gran fuoco. Gli elementi che costituiscono il carbone si separano gli uni dagli altri, e si forma per conseguenza del catrame, degli olii empireumatici, de' sali di ammoniaca, e diversi gas. Questi gas sono: l'idrogeno puro, l'ammoniacale, l'idrogeno bicarbonato, l'idrogeno solforato, e il gas acido carbonico.

Se fosse adoperato questo miscuglio di gas, il quale si forma, e viene prodotto dalla distillazione del carbon fossile, non potrebbe servire molto bene per la illuminazione, e inoltre colle sue esalazioni eserciterebbe un'azione micidiale sugli organi della nostra respirazione, altererebbe i colori delle tapezzerie delle stanze, attaccherebbe gli oggetti di metallo, per cui è necessario depurare questo miscuglio gazoso, liberandosi da tanti prodotti nocivi ed inutili, e conservando il gas idrogeno bicarbonato, il quale è il solo che si presta ad una buona illuminazione.

Per ottener ciò, si raccolgono tutt' i gas in alcuni tubi immersi in un recipiente di ghisa detto *bariletto*, contenente alcuni litri di acqua. I sali di ammoniaca si disciolgono nell'acqua, e il catrame si condensa.

Si dirige in seguito questo miscuglio gazoso, in un altro

apparecchio chiamato *depuratore*, ed è obbligato poi ad attraversare alcuni cetaci ripieni di calce polverizzata ed umettata coll'acqua. La calce leva al miscuglio gazoso l'acido carbonico e l'idrogeno solforato, de' quali gas era necessario sbarazzarsi. Nondimeno la depurazione non riesce mai perfetta, e il gas idrogeno bicarbonato che rimane per la illuminazione, conserva sempre un odore alquanto nauseante ma però innocuo. Semplificato così viene trasmesso in un grande serbatoio, detto *Gazometro*.

Gazometro. — Questo apparecchio è diviso in due grandi sezioni: il *bacino* destinato a contenere l'acqua, e la *campana* sotto la quale deve raccogliersi il gas.

Il *bacino* è affondato nel suolo, e rivestito al di fuori di un forte cemento, onde impedire l'infiltrazione dell'acqua esterna. La *campana* è spalmata internamente di un denso strato di catrame, ed è formata di molti pezzi di forte lamierino di ferro battuto uniti insieme, e connessi in modo, da non lasciare penetrare il gas attraverso le commettiture.

Nel centro della campana è attaccata una catenella di ferro, la quale passa attraverso, e scorre sopra due girelle metalliche, e porta all'altra estremità un peso che tiene in equilibrio la campana, sostenuta già in parte dalla massa del gas, che a poco a poco facendosi strada attraverso l'acqua, va a riempire il vuoto della campana, innalzandola colla sua forza sulla superficie dell'acqua. La catenella indicata serve di aiuto all'ascesa, ed alla discesa della campana tenendola contrappesata, ed in tal modo il gas non è sottoposto ad una pressione troppo forte, qual sarebbe quella, se dovesse sostenere tutto il peso della campana.

La *fig.* 1 può servire per dare in compendio l'idea degli apparecchi che servono a preparare il gas.

F, è il fornello contenente le storte di terra cotta, o di ghisa piene di carbon fossile, assoggettate all'azione del fuoco.

T, è il tubo che trasmette il gas prodotto dalla decomposizione del carbone; B, è la tina o bariletto, contenente l'acqua pel quale passa il gas, e si spoglia del catrame e di altri prodotti solubili nell'acqua; S, è una serie di tubi di ghisa, la cui parte inferiore è immersa nell'acqua e comunicano fra loro a mezzo dell'acqua stessa, la quale serve a raffreddare

il gas, che parte dalle storte caldissimo. D, è il *depuratore a calce*, costituito da una serie di *tre depuratori* che devono essere attraversati successivamente dal gas; G, è il *gazometro*, o serbatoio del gas.

Dal gazometro viene il gas trasmesso a mezzo di un grosso tubo, ai tubi principali per la distribuzione sotterranea, i quali sono tutti di ghisa. I tubi poi secondarii di diramazione, e quelli che vengono introdotti nell' interno delle case sono di piombo.

Becchi. — A mezzo di un picciolo tubo che s'imbocca col principale, il gas viene introdotto in un cilindro doppio incavato, comunicante con una picciola corona metallica orizzontale, avente all' intorno alcuni forellini per lo più in numero di *venti*, dai quali possono uscire dai 120 ai 150 litri di gas all' ora. Tale è la forma che si dà generalmente ai becchi, nell' interno delle abitazioni. Quelli poi che servono a rischiarare le strade pubbliche sono formati di un picciolo tubo di ferro, avente all' estremità un picciola fenditura. Sortendo il gas da questa spandesi ad arco, e produce una fiamma simile ad un ventaglio aperto (*).

Causa dello splendore del gas illuminante. — Un gas qualunque non è risplendente per se medesimo, ma bensì per la presenza di un corpo solido che si forma nello spessore della sua fiamma. Così p. e. l' idrogeno puro, dà una fiamma assai pallida, e quasi invisibile, perchè la sua combustione non lascia luogo ad alcun deposito di materia solida nel seno della fiamma stessa, essendochè il vapore dell' acqua è il solo prodotto che risulta dalla sua combustione. Al contrario la fiamma dell' *idrogeno bicarbonato* è vivissima, perchè questo gas contiene e trasporta seco delle molecole o particelle di carbone, le quali soffermandosi qualche istante nello spessore della fiamma prima di essere distrutte, riescono luminose a cagione dell' alta temperatura, dalla quale si trovano investite, e perchè lo stesso gas comunica loro la sua proprietà illuminante. Sull' appoggio di questo principio, si è

(*) Presentemente anche i becchi che si applicano nell' interno delle case e delle botteghe, sono conformati come quelli dei fanali pubblici.

potuto impiegare per la illuminazione anche il gas idrogeno *puro*. Bastò collocare in mezzo al gas in combustione, cioè al punto dove si sviluppa la fiamma, un picciolo cilindro formato di alcuni fili di platino sottilissimi. Questo cilindretto, ridotto dalla intensità del calorico allo stato d' incandescenza manda uno splendore vivissimo, e in tal modo la pallida fiamma dell' idrogeno puro è resa risplendentissima.

L' idrogeno puro destinato per la illuminazione si ottiene facendo passare sopra il carbone acceso il vapore dell' acqua, il quale decomponendosi produce del gas idrogeno *puro*, e del gas acido carbonico, che dev' essere fatto assorbire dalla calce, come abbiamo veduto dissopra, acciocchè resti l'idrogeno puro. Questo processo è semplicissimo, ma la spesa per lo sviluppo e per la riduzione del gas allo stato di purezza essendo troppo alta, non si è potuto adottare generalmente l'uso di questo gas per la pubblica e privata illuminazione.

Gas portatile. — Si può trasportare volendo il gas illuminante anche a domicilio, a mezzo di grandi recipienti di grosso lamierino di ferro, i quali vengono caricati sopra carri appositi, o barche entro a' quali vi sono degli otri elastici, muniti di un tubo egualmente elastico, e di un robinetto. Per distribuire il gas, si comprime l' otre che lo contiene con una forte coreggia, e si fa uscire dal robinetto, imboccando il serbatoio del gas che trovasi presso il consumatore.

D. *La candela stearica.*

Verso l' anno 1831 si cominciavano ad usare in Francia, e subito dopo in altre parti d' Europa, le così dette candele steariche.

Questo nuovo mezzo d' illuminazione venne immaginato per sostituire le costose candele di cera, che si adoperano per illuminare le sale e le stanze nelle famiglie, e potendolo avere ad un prezzo assai modico, divenne in breve di un uso generale.

Composizione della candela stearica. — Si dà il nome di *stearica* a questa candela, perchè è formata di un acido grasso, che porta il nome di *acido stearico*, il quale non è altro che il sego con cui si formavano le antiche candele, liberato a mezzo di una operazione chimica dall' acido *oleico*

il quale ha gl'inconvenienti di essere molle, estremamente fusibile, e di un odor nauseante. Il sego è costituito da due elementi, l'uno solido, ch'è l'acido *stearico*, l'altro liquido, ch'è l'acido *oleico*. Liberato come abbiamo detto, il sego dall'acido *oleico*, rimane una sostanza secca, poco fusibile, la quale ridotta alla forma di candela, dà una luce abbastanza chiara, abbruciandosi non tramanda alcun ingrato odore, e puossi avere per un modico prezzo.

Preparazione dell'acido stearico. — La preparazione dell'acido stearico, destinato ad essere trasformato in candele, consiste nella decomposizione del sego a mezzo della calce; in tal modo ottiensi un *sapone di calce* vale a dire, un miscuglio di oleato e di stearato di calce. Questo miscuglio viene in seguito decomposto dall'acido solforico allungato, che forma del solfato di calce, e mette in libertà gli acidi *stearico ed oleico*. Per separare questi due acidi, liberarsi dall'acido oleico liquido, e non conservare che l'acido stearico solido, si assoggetta questo miscuglio inviluppato in una stoffa di lana, ad una pressione esercitata prima a freddo, poscia a caldo, da un torchio idraulico. A mezzo di questa forte pressione aiutata dal calorico, l'acido oleico si liquefà, e viene spremuto completamente, per cui non resta dentro l'inviluppo che una massa di acido stearico bianca, secca, e friabile. Questa si liquefà a mezzo del fuoco in appositi recipienti, e poscia si versa negli *stampi* della candela, entro i quali si è posto perpendicolarmente e nel centro uno stoppino di cotone bene attortigliato. Raffreddato che sia il liquido stearico, viene levata la candela con tutta facilità dalla forma, ed è già pronta all'uso.

Chi fu l'inventore della candela stearica. — Due sono le fasi nella serie de' lavori, il cui risultato fu quello di arricchire l'industria e l'economia domestica del suo prodotto, che ora ci occupa.

Nella prima fase, la scienza ha svelato la vera composizione delle materie grasse, e per conseguenza anche quella del sego, e dimostrata la presenza in qualsiasi corpo grasso di due materie differenti, l'una solida e l'altra liquida.

Nel secondo periodo, si applicò alla pratica ed all'industria questa scoperta della scienza, e si utilizzò il sego per

formare delle candele proprie, e da potersi usare per illuminare l'interno delle case, senza gli incomodi delle candele di sego.

Un chimico di Nancy per nome Braconnot, ha provato pel primo questo fatto generale, che tutt'i corpi grassi nessuno eccettuato, si compongono di due sostanze elementari, l'una solida e l'altra liquida, delle quali la predominante comunica al corpo grasso una consistenza solida, o liquida, o semi-liquida

Un altro chimico per nome Chevreul, fece conoscere in seguito le modificazioni cui i corpi grassi vanno soggetti per l'azione degli alcali, e provò quindi, che la formazione degli acidi grassi è l'immediata conseguenza dell'azione esercitata degli alcali sulle materie grasse. Fu questo bravo chimico, che nel 1813, scoprì gli acidi *stearico* ed *oleico* nel sego.

L'applicazione dell'acido stearico alla illuminazione, e la produzione della *candela stearica*, si devono al chimico francese de Milly, che intraprese questa fabbricazione nel 1831, la quale si è in breve tempo propagata per tutta l'Europa.

Il nome di candela *de l'Etoile*, col quale si continua ancora ad indicare da qualcuno in Francia la candela stearica, ebbe origine dalla ubicazione della fabbrica del de Milly, la quale si trovava a Parigi in vicinanza della *Barriera della stella*.

E. *Illuminazione degli idrocarburi liquidi.*

Il sego, gli olii vegetabili e il gas possono essere sostituiti come mezzo d'illuminazione da diversi liquidi che si trovano in abbondanza anche in natura, e ch'essendo formati di carbone e d'idrogeno, come il gas illuminante possono fornire una illuminazione economica, pel loro basso prezzo. L'olio essenziale che proviene dalla distillazione del bitume naturale, conosciuto sotto il nome di *scisto*, l'essenza di trementina che ottiensi distillando la resina che lagrima da' pini, gli olii essenziali di nafta, di petrolio ecc. possono tutti questi servire a'bisogni dell'illuminazione.

Solamente siccome questi differenti liquidi, molto ricchi di carbone e d'idrogeno, hanno bisogno di una corrente di aria

molto attiva, si dovette immaginare una particolare costruzione di lampade, la quale faccia affluire una quantità di aria nel punto dove si effettua la combustione del liquido.

Fra tutti gl'idrocarburi liquidi, l'olio di *scisto* è oggidì il più usato, perchè produce una brillante illuminazione, ed è assai economico.

Il suo uso è molto diffuso nelle fabbriche, e nelle officine, ma pel cattivo odore che tramanda durante la sua combustione, non puossi adottare questo liquido per la illuminazione domestica

Non si deve però ommettere di ricordare, che l'uso dell'olio di scisto pella illuminazione non va scevro da pericoli, riguardo alla sua immensa infiammabilità. Gli olii vegetali non sono infiammabili da per se stessi; essi non possono abbruciarsi, che a mezzo di un intermediario, vale a dire, di uno stoppino, la qual cosa rende sicuro l'uso di questo liquido illuminante nell'interno delle abitazioni. Al contrario l'olio di scisto, l'essenza di trementina mista coll'alcool, e conosciuta sotto il nome di *gazogeno*, s'infiamma direttamente per l'avvicinamento di un corpo in combustione, se anche fosse un solferino. Questa pericolosa proprietà richiede molte precauzioni e molte cure nel maneggio di questi liquidi destinati per la illuminazione. Nelle officine e nelle fabbriche rischiarate dall'olio di scisto, si ha la saggia precauzione di fissare le lampade alla parete, o di sospenderle al soffitto in modo che l'apparecchio dell'illuminazione non possa mai essere cangiato di posto, perchè potrebbe succedere qualche accidente durante il trasporto da un luogo all'altro.

L'applicazione dell'olio di scisto alla illuminazione, è dovuta ad un fabbricatore francese, per nome Selligue, che stabilì la prima fabbrica per la distillazione del scisto, e che immaginò anche la lampada che usasi al giorno d'oggi per la combustione degli idrocarburi liquidi.

Fra le varie specie degli idrocarburi, che furono scoperti e preparati da chimici del nostro secolo per la illuminazione, molto usitato è quello che si conosce sotto il nome volgare di *canfino*. Quando esso sia di prima qualità e bene depurato è da preferirsi a qualsiasi altro idrocarburo liquido, perchè oltre di essere ino-

doro, di una fiamma candida e brillante, è abbastanza economico in confronto degli altri liquidi di simil genere.

A questi giorni l'olio di *petrolio* purificato e reso pure abbastanza inodoro, anche pel rispetto economico venne a surrogare ogni altro negli usi domestici.

F. *Illuminazione elettrica.*

L'ultima maniera d'illuminazione della quale dobbiamo occuparci, è una recente scoperta.

Questa è la *luce elettrica,* vale a dire l'applicazione ch'è stata fatta dell'arco luminoso, risultante dalla scarica del fluido elettrico da una forte pila voltaica, onde ottenere lo splendore il più intenso che fosse possibile.

Si sa, che stabilendo la corrente elettrica fra le due estremità disgiunte di un filo conduttore, va a formarsi fra queste un arco luminoso risplendentissimo, il quale non è altro chè la scintilla elettrica molto sviluppata e allungata, per la gran massa di elettricità dovuta alla potentissima pila di cui si fa uso.

Se si attacchino due fili metalliici a' due poli di una forte pila voltaica in attività, e senza stabilire fra loro il contatto, si mantengano le estremità di questi fili ad una certa distanza sufficiente da permettere la scarica elettrica, vale a dire la ricomposizione delle due elettricità contrarie che percorrono i conduttori, si manifesta una scintilla o piuttosto un'incandescenza fra le due estremità di questi conduttori. Questo effetto luminoso proviene dalla neutralizzazione delle due elettricità contrarie, la cui ricomposizione sviluppa abbastanza calorico, perchè abbia ad apparire la luce. Quando si fa un apparecchio di quaranta o cinquanta coppie della pila del *Bunsen*, l'arco luminoso presenta un'intensità di luce prodigiosissima, che potrebbe paragonarsi alla luce del sole.

L'elemento essenziale della lampada foto-elettrica si compone di due aste di rame *a b* (*Vedi Figura* 2.) poste una contro l'altra perpendicolarmente od orizzontalmente, le quali comunicano ambidue con una pila del *Bunsen* in attività, composta all'incirca di *quaranta* coppie. È fra queste due aste di rame collocate alla estremità de' due conduttori, cioè a dire a' poli della pila, che si slancia l'arco luminoso *c*, proveniente dalla ricomposizione de' due fluidi. Ma siccome, per

Vari mezzi d'illuminazione.

Fig. 2.

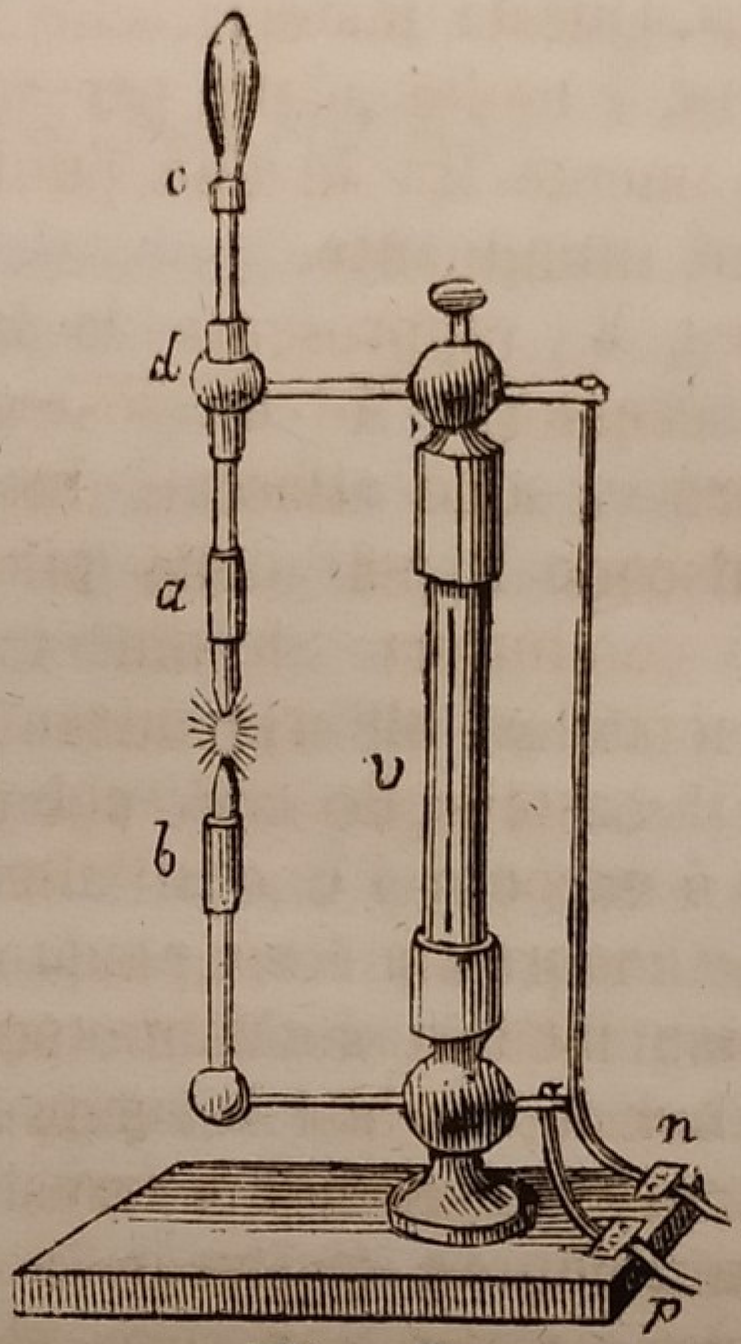


Fig. 3.

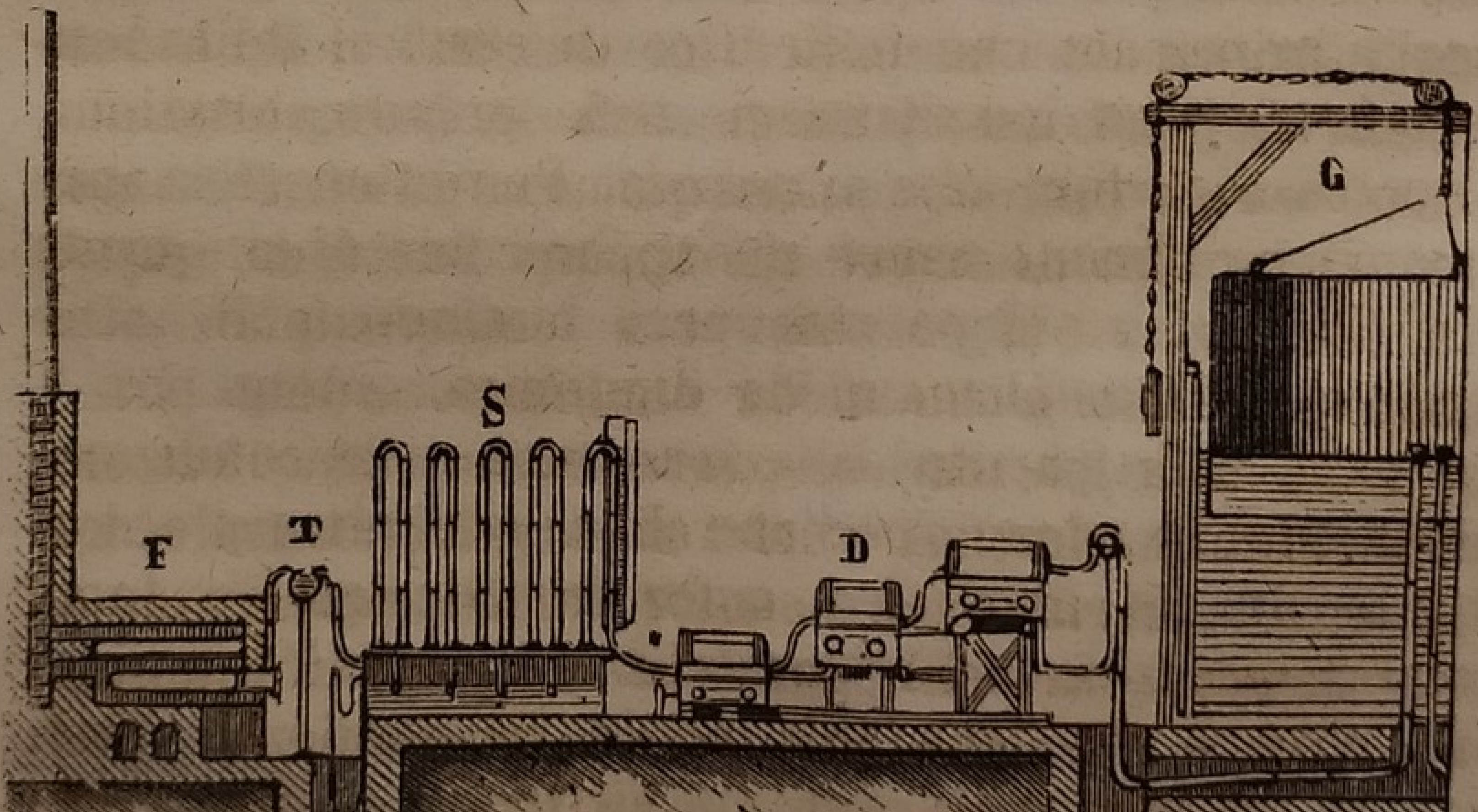


Fig. I.

la grande intensità del calore che si sviluppa, e la presenza dell'aria, andrebbero ad ossidarsi ben presto le due estremità de' conduttori, si adatta a quelle due pezzi appuntiti di carbone poco combustibile, sotto il nome di *carbone delle storte del gas*. Questa materia, che si brucia assai lentamente all'aria aperta, è molto adatta per servire di conduttore finale ed è effettivamente fra le due punte di carbone che si stabilisce l'arco illuminante.

La *Figura* 3, rappresenta la lampada foto-elettrica con tutt'i suoi accessorii. Ad un sostegno isolante formato di un tubo di vetro *v*, sono attaccati due bastoncelli metallici *a b*, che costituiscono i poli della pila. Due punte di carbone terminano i conduttori. Siccome i carboni finiscono col consumarsi bruciandosi all'aria durante la esperienza, così si fa discendere il bastoncello *c d*, nel canale *d*, e in tal modo si ravvicinano i carboni l'uno all'altro, a mano a mano che la combustione logora la loro punta, altrimenti i due pezzi di carbone consumandosi si allontanerebbero a poco a poco, fino al punto in cui cesserebbe la reciproca attrazione de' due fluidi contrarii, e per conseguenza si arresterebbe la corrente elettrica.

La illuminazione a mezzo della luce elettrica non è ancora posta in pratica; essa non serve che in qualche caso speciale, o per produrre begli effetti di luce nei teatri, o per qualche pubblico spettacolo.

La difficoltà principale che impedisce di servirsi della lampada foto-elettrica pegli usi ordinarii nelle private abitazioni, si è per l'eccesso di luce che tramanda. Per ottenere la luce elettrica, conviene almeno avere un apparecchio di cinquanta coppie del *Bunsen*, ed il potente arco luminoso che viene prodotto non puossi in alcun modo diminuire.

Per trarre un utile partito da questa luce nelle condizioni abituali della illuminazione, occorrerebbe indebolire l'eccessiva sua intensità, e ridurla a non fornire che quel volume di luce che danno i nostri apparecchi ordinarii d'illuminazione; si dovrebbe dividere in picciole fiammelle la gran massa di luce prodotta dalla scintilla elettrica, e distribuirla in varii punti. Ma fino ad ora nessuno ha trovato il modo di far ciò. Questa difficoltà è tanto più dispiacente, perchè la luce elettrica sarebbe ancora più economica dell'illuminazione a gas, che oggidì è meno costosa di qualsiasi altra.

CAPITOLO XXII.

GLI ARÊOSTATI.

I fratelli Montgolfier inventano i palloni a fuoco ossia ad aria rarefatta. — Stefano e Giuseppe Montgolfier fratelli, fabbricatori di carta nella piccola città di Annonay nel Vivarese, furono gl'inventori de' palloni a fuoco, i quali vennero in seguito chiamati, e si chiamano ancora dal nome del loro autore, *Mongolfieri*. Essendo noto che qualsiasi gas più leggiero dell'aria deve innalzarsi sopra l'atmosfera per la differenza della densità in confronto di quella dell'aria, i fratelli Montgolfier produssero artifizialmente un gas leggierissimo con un mezzo assai semplice, vale dire, riscaldando un volume di aria contenuto entro un involucro di grossa carta. Dopo aver fatto alcuni esperimenti, offrirono pubblicamente a' loro concittadini un saggio di questa invenzione.

Nel giorno 4 giugno 1783 una gran folla di gente si accalcava nella piazza maggiore della città di Annonay. Il pallone areostatico era di tela, e foderato al di fuori di carta, e portava sospeso alla sua imboccatura nella parte inferiore una bacinella di latta entro cui eravi della paglia e della lana alle quali si era appiccato il fuoco, onde produrre il gonfiamento del pallone a mezzo dell'aria calda. Gli applausi degli astanti salutarono l'areonauta che dava loro l'addio, e dirigevasi velocemente alle supreme regioni. In *dieci* minuti era giunto a 500 metri di altezza.

I membri degli Stati del Vivarese che assistevano all'esperimento, stesero un processo verbale, il quale venne tosto spedito a Parigi per cura di Stefano Montgolfier all'Accademia delle scienze, che avendo trovato una tale scoperta di molta, importanza, decise, che la stessa operazione sarebbe ripetuta a spese dell'Accademia.

Il fisico Charles. — Tutta Parigi era impaziente di godere questo nuovo e sorprendente spettacolo. Si aprì una sottoscrizione pubblica, la quale produsse 10,000 franchi in pochi giorni. Charles professore di fisica di grande rinomanza, s'incaricò di presiedere alla fattura del globo areostatico, che fu eseguito nella officina de' fratelli Robert, costruttori di apparecchi fisici.

Nessuno a Parigi, conosceva ancora di qual gas si erano serviti i fratelli Montgolfier per far gonfiare ed ascendere il loro pallone; sapevasi solamente dalla relazione degli Stati del Vivarese, prodotta all'Accademia delle scienze, che il peso di quel gas era la metà di quello dell'aria. Senza perder tempo ad indagare quale sia stato il gas impiegato dai fratelli Montgolfier, e senza sapere, che l'aria calda era stata il mezzo adoperato dai suddetti, il professor Charles, si risolse di riempiere il pallone da esso costruito di gas idrogeno, il quale era conosciuto da pochissimo tempo ne' laboratorii di chimica, e che pesa quattordici volte meno dell'aria.

Il 27 agosto 1783, questo pallone a gas idrogeno lanciato in aria in mezzo al giardino delle Tuileries da' fisici Charles e Robert, giunse in meno di due minuti, a *mille metri* di altezza.

Le grida di entusiasmo, e gli unanimi applausi di circa 300 *mila* spettatori a questa magnifica esperienza, salutarono l'ascesa del primo areostata a *gas idrogeno*.

Montgolfier a Parigi. — Per corrispondere al desiderio manifestato dall'Accademia delle scienze di Parigi, Stefano Montgolfier si portò alla capitale. Il 19 settembre 1783 ripetè l'esperienza del pallone a fuoco, come quello che costrusse nella sua patria, ma vi aggiunse una gabbia di ferro sospesa alla parte inferiore del pallone, nella quale avea rinchiuso un montone, un gallo ed un'oca. Questi primi navigatori fe-

cero un felicissimo viaggio, e dopo essere stati innalzati ad una sufficiente altezza, ritornarono a terra senz'alcun accidente.

Primo pallone a fuoco portante persone. — Il successo di queste belle esperienze incoraggiò i fratelli Montgolfier a costruire un pallone che potesse portare degli uomini. Eglino disposero adunque all'intorno della parte esterna dell'orifizio del pallone, una galleria circolare fatta di vimini che formava una specie di balaustrata alta fino alla cintura dell'uomo, il cui parapetto venne coperto di tela.

Questa galleria era abbastanza forte per sostenere due o tre persone, e lasciarle girare liberamente all'intorno del pallone.

Il marchese d'Arlandes officiale francese, e Pilâtre des Rosiers giovane fisico, si offrirono spontaneamente per montare sul nuovo pallone del Montgolfier, e avventurarsi al viaggio aereo.

Il 21 ottobre 1783 dopo molte considerazioni fatte invano ai due coraggiosi viaggiatori da Stefano Montgolfier costruttore del nuovo pallone, e le rimostranze dello stesso re Luigi XVI, il quale era timoroso per la incertezza della loro sorte, montarono sull'areostata ad *aria rarefatta* ch'era collocato nel castello della Muette presso il bosco di Boulogne. Il loro viaggio aereo fu felicissimo, e la loro discesa a terra fu un vero trionfo pegl'intrepidi viaggiatori. La *Fig.* 1 presa da un disegno originale di quell'epoca, rappresenta il pallone costruito da Stefano Montgolfier, sul quale montarono il marchese d'Arlandes, e Pilâtre des Rosiers.

Prima ascesa di un pallone a gas idrogeno portante delle persone. — La brillante esperienza del fisico Pilâtre des Rosiers venne ripetuta con un pallone a gas idrogeno che presentava maggior sicurezza in un viaggio aereo, di quello che un pallone a fuoco. Questa esperienza ebbe luogo il 1 dicembre 1783. Charles e Robert partirono ambidue dal giardino delle Tuileries, e discesero felicemente due ore dopo nella prateria di Nesle distante nove leghe da Parigi.

L'esperienza da noi riportata segnò una grand'epoca nella storia dell'arte che ora ci occupa, perchè Charles immaginò tutti que' mezzi di sicurezza che furono posti in uso in se-

guito ne' viaggi aerei, cioè: la valvola per iscaricare il gas idrogeno onde far discendere il pallone; la navicella per l'areonauta; la zavorra per moderare la velocità nella discesa, il condotto o tubo di gomma elastica applicato al pallone di seta, per impedire la dispersione del gas, finalmente l'uso del barometro, il quale indicando la pressione dell'aria, fa conoscere se il globo si alza o si abbassa, e serve eziandio per sapere a quale altezza si ritrovi.

La *fig.* 2 rappresenta le disposizioni che furono prese dal fisico Charles per riempire il pallone di gas idrogeno, il quale formavasi entro alcune botti di mezzana grandezza cerchiate di ferro, le quali contenevano dell'acido solforico, del ferro, e dell'acqua. Queste botti erano munite di un tubo di metallo che conduceva il gas in una botte più grande, mezza piena di acqua, per depurarlo e spogliarlo degli altri gas solubili nell'acqua, e dalla botte depuratrice il gas passava nel globo di seta invece che di tela, a mezzo di un tubo di gomma-elastica.

Blanchard attraversa il passo di Calais con un pallone. — Il celebre areonauta francese, dopo aver fatte molte brillanti salite, concepì un progetto di un'audacia incredibile per un'epoca, in cui la scienza areostatica era ancora bambina, piena di dubbii e di incertezze. Egli annunziò, che all'occasione di un vento favorevole andrebbe da Douvres a Calais attraversando la Manica.

E diffatti, nel giorno 7 gennaio 1785, Blanchard montò nella navicella del suo pallone di seta a gas idrogeno, in compagnia del dottore Ieffries irlandese, partendo dalla costa di Douvres.

Arrivati ad un terzo di viaggio, il pallone cominciò a discendere, per cui si rese necessario di gettar via della zavorra, onde alleggerire il peso di tutto l'apparecchio, e tosto il pallone ascese, e cacciato dal vento si diresse verso la Francia, ma siccome perdeva del gas, tornò a discendere rapidamente. I viaggiatori in allora gettarono in mare le provvigioni da bocca che aveano portato seco, gli attrezzi e persino i loro mantelli, ma il pallone continuava a discendere. Finalmente dopo essere stati in procinto di cadere in mare, poterono avvicinarsi alle coste dell'Inghilterra, e discesero felicemente

alle porte di Calais, dove un'immensa folla che li attendeva, accolse gl'intrepidi viaggiatori in mezzo a festosi evviva. Blanchard ricevette dal sindaco di Calais il brevetto di *Cittadino onorario*, e ciò per rimeritare la sua bravura ed il suo coraggio, ed il pallone venne deposto nella chiesa principale di Calais in memoria di questo avvenimento.

Morte di Pilâtre des Rosiers. — Questo celebre fisico che aveva dato saggi di un particolare talento nel migliorare, e far progredire la scienza areostatica, perì nel giorno 5 giugno 1785, volendo ripetere l'audacioso passaggio della Manica, come avea fatto Blanchard. Egli aveva immaginato di combinare in un solo sistema i due mezzi coi quali si erano serviti gli areonauti per fare le loro ascese, cioè, il fuoco e il gas idrogeno. Egli partì dalla costa di Boulogne invece che da Douvres, ma poco dopo si lacerò la stoffa di cui era formato il pallone, nell'atto che Rosiers apriva la valvola, per cui vuotandosi ad un tratto il pallone, precipitò al basso in una vasta pianura, non essendo ancora arrivato al mare. In compagnia dell'areonauta vi era un altro fisico di Boulogne, per nome Romain, il quale pur troppo subì la medesima sorte.

La *fig.* 3 rappresenta la *mongolfiera* di Pilâtre des Rosiers, tratta fedelmente da un'antica incisione.

Gli areostati impiegati nelle guerre della repubblica. — I globi areostatici innalzati ad una certa altezza, e mantenuti sempre in quel punto a mezzo di alcune corde, potevano servire benissimo per iscoprire il quantitativo della truppa, e la direzione della medesima. Nel 1794 si pensò d'introdurre questo nuovo mezzo nell'armata francese, e s'istituirono delle compagnie di *areostieri*. Il giovane fisico Convelle di Parigi fu nominato capitano della prima compagnia degli *areostieri*.

Questo giovane comandante rese utili servigi nella sua prima spedizione, ch'ebbe luogo alla occasione della battaglia di Fleurus. Si fece uso degli areostati anche in alcuni fatti d'armi che sostenne la Repubblica. Ma la carriera militare de' palloni non fu di lunga durata. Il primo console Bonaparte, che non era affatto persuaso dell'uso dei globi areostatici nell'armata, sciolse le due compagnie degli *areostieri*, e fece chiudere la scuola ch'erasi istituita ne' giardini del castello di Meudon, per lo studio delle applicazioni militari agli areostati.

Viaggi aerei intrapresi per l'interesse della scienza. — Soltanto nel 1803, vent'anni dopo la scoperta del globo areostatico, si cominciò ad utilizzare questi veicoli pe' viaggi aerei a vantaggio delle scienze fisiche. Il primo a salire per uno scopo scientifico, fu il fisico fiammingo Robertson in compagnia di un suo compatriotta per nome Hoest, e ciò avvenne il 18 luglio 1803.

In Francia i due fisici Biot e Gay-Lussac eseguirono nel 1804 una bella ascensione, durante la quale fecero delle importanti osservazioni scientifiche. In un secondo viaggio, il fisico Gay-Lussac partì solo, e s' innalzò fino a 7016 metri sul livello del mare. Il barometro era disceso, attesa la diminuzione della pressione dell' atmosfera, da 0,76, che marcava a terra prima della partenza, a 0,32. Il termometro che segnava 27 gradi prima della salita, erasi abbassato ai 9 gradi sopra lo zero. In queste alte regioni la siccità dell' aria è immensa: un foglio di pergamena s' increspava come fosse posto innanzi al fuoco; la respirazione e le battute del polso dell'osservatore erano accelerate a motivo della grande rarefazione dell' aria.

Nel 1850 i fisici Barral e Bixio, hanno eseguito anch' essi un'ascesa scientifica, la quale però diede pochissimi risultati. Fino ad ora non si è ottenuto quel vantaggio, che si credeva dalla scoperta del globo areostatico, relativamente allo studio dell' atmosfera.

Teoria dell' ascesa degli areostati. — Allorquando un corpo è lanciato nell' aria, si trova in mezzo a due forze opposte; il suo proprio peso che tende a farlo abbassare, e l'aria che lo spinge in alto. Questo sforzo dal basso all' alto è in ragione diretta della massa di aria che viene spostata dal volume del globo.

Se dunque il corpo fluttuante nell' aria pesa meno della massa dell' aria, che trovavasi nel sito da esso lui occupato, è la spinta dell' aria che si trova al di sotto che lo fa ascendere, essendo appunto un corpo leggiero. Il pallone de' fratelli Montgolfier era gonfiato coll' aria calda o rarefatta, e siccome questa pesa meno dell' aria in istato naturale, ne avveniva, che il volume dell' aria calda contenuto nel pallone unitamente al peso specifico dell' apparecchio, pesando meno della massa

di aria che occupava il sito in cui trovavasi il pallone, questo veniva spinto dall' aria sottostante, come abbiam detto. Ma l'aria diminuisce nella sua intensità a mano a mano che si allontana dalla superficie terrestre, per cui l'apparecchio areostatico deve ad un certo punto fermarsi, e rimanere quasi immobile in equilibrio, quando cioè arriva ad un tal punto, in cui il volume di aria che trovavasi nel sito occupato del pallone, pesa precisamente come tutto l'apparecchio compresa l'aria rarefatta che contiene al di dentro il pallone medesimo.

La spiegazione che ora abbiamo data riguardo all' ascesa della mongolfiera o pallone a fuoco, serve a render conto della causa della salita degli areostati a gas idrogeno. Un pallone pieno di gas idrogeno sposta un volume di aria eguale al suo; ma siccome il gas idrogeno è molto più leggiero dell'aria, è necessariamente spinto dal basso all' alto da una forza eguale alla differenza ch' esiste fra la densità dell'atmosfera e quella del gas idrogeno.

Il pallone adunque s' innalza finchè trova uno strato di aria di una densità precisamente eguale alla propria, ed arrivato a quel punto deve restare in equilibrio. Per far abbassare l' areostata, occorre sostituire una parte di gas che si fa scaricare a mezzo della valvola, dall' aria atmosferica, ed esso non può toccar terra se non è totalmente vuotato dall' idrogeno, e ripieno di aria.

Operazioni che si eseguiscono per far salire un areostata. — Per lo più, quando si fa ascendere qualche areostata nelle grandi città, suolsi impiegare per gonfiare il pallone, il medesimo gas che serve alla illuminazione, il quale è un gas idrogeno bicarbonato, che si ritrae come abbiamo veduto nel *Capitolo* precedente dalla decomposizione del carbon fossile, e questo è due volte soltanto più leggiero dell' aria. In allora non occorre alcun apparecchio chimico, e basta solamente imboccare l' orifizio del pallone a mezzo di un tubo di gutta perca, col più vicino tubo sotterraneo conducente il gas dal luogo ove trovasi il gazometro. Ma la troppo debole differenza ch' esiste fra la densità dell' aria e quella dell' idrogeno bicarbonato, obbliga ad impiegare de' palloni molto grandi, quando deve montare nella navicella più di una persona, o quando devesi caricare alcuni oggetti che fossero alquanto pe-

santi. Qualora poi si adoperasse del gas idrogeno puro, la cui intensità o peso specifico, è *quattordici* volte inferiore a quello dell'aria, il globo areostatico può ridursi a picciole dimensioni.

Il gas idrogeno si ottiene facilmente ponendo in alcune picciole botti ben chiuse del zinco o del ferro ridotto in minuzzoli, insieme ad acido solforico allungato coll'acqua. Queste picciole botti cerchiate di ferro comunicano a mezzo di tubi di latta con un gran tinozzo di legno capovolto, ed immerso in un'altra gran tina quasi piena di acqua. Nello stesso tempo che sviluppasi il gas idrogeno in conseguenza dell'azione dell'acido solforico allungato sullo zinco o sul ferro, formasi eziandio del gas acido solforico, che s'immedesima coll'idrogeno. La depurazione di questo gas succede al momento in cui passa per l'acqua contenuta nella gran tina centrale, essendo che il gas acido solforico viene distrutto dall'acqua stessa, per cui l'idrogeno rimane purissimo, e va a raccogliersi nella tina capovolta, tra il fondo di questo ed il livello dell'acqua contenuta nel recipiente sottoposto in cui è immersa la tina. Il gas così purificato viene trasmesso nel globo areostatico a mezzo di un tubo di gutta-perca, applicato al fondo della gran tina centrale.

La *fig.* 4 rappresenta il pallone bello e gonfiato, e il relativo apparecchio per la formazione del gas idrogeno.

L'areostata non si riempie di gas che per metà, o per tre quarti della sua capacità.

E diffatti, a mano a mano che il globo s'innalza, si trova in mezzo a degli strati di aria meno densi, che lo premono sempre meno, per cui il gas in esso contenuto va dilatandosi in ragione inversa della pressione dell'aria atmosferica, e se il pallone fosse partito tutto ripieno di gas, la dilatazione del medesimo lo avrebbe fatto scoppiare appena si fosse trovato in mezzo ad uno strato di aria meno densa di quella che si trovava nel sito della partenza.

È inutile far osservare, essendo cosa da per se stessa evidentissima, che gli areostati a gas idrogeno sono i migliori e quindi preferibili a quelli a fuoco, cioè ad aria rarefatta, avendo questi de' gravi inconvenienti, come sarebbe a dire, la quantità del combustibile che si deve caricare nella galle-

ria, la picciola differenza ch' esiste fra la densità dell' aria calda o rarefatta e quella dell' aria in istato naturale, la briga di alimentare di quando in quando la fiamma, e di sorvegliarla attentamente acciocchè non abbia a succedere qualche disgrazia.

Per tutti questi motivi non si usano al presente siffatti palloni, che allorquando si vogliono lanciare nell' aria per dare un pubblico divertimento, e questi si dicono *palloni perduti*, perchè difficilmente si possono ricuperare, e alle volte anche s' incendiano per aria, e così lo spettacolo riesce variato, e maggiormente piacevole pegli spettatori.

Per innalzare degli areostati sopra i quali devono montare delle persone, occorre impiegar sempre il gas idrogeno puro, ovvero il gas illuminante.

La navicella, la valvola e la zavorra. — La navicella in cui entra il viaggiatore aereo, è attaccata al pallone a mezzo degli estremi capi delle funicelle di cui è formata la grande rete che inviluppa tutto il globo che d' ordinario è di seta o *taffetà*. La valvola ch' è stata immaginata dal fisico Charles, è applicata alla parte superiore del pallone, e l' areonauta può manovrarla a suo bell' agio quando e quanto il bisogno lo chiegga, a mezzo di una lunga corda. Quando egli apre la valvola, una certa quantità di gas ne sfugge, e siccome quello spazio che occupava nell' interno del globo di gas lasciato fuggire, viene tosto sostituito da un egual volume di aria, il peso dell' apparecchio si aumenta, e il pallone comincia a discendere gradatamente. Ma se una corrente d' aria lo dirigesse verso il mare, un bosco, un lago, un grande edifizio, in modo che fosse vicino il pericolo e per l' areonauta, e per la conservazione dell' apparecchio, come si farebbe ad evitare questo imminente disastro? Semplicissimo è il mezzo, e viene indicato dallo stesso Charles. La zavorra che fu caricata nella navicella prima della partenza dell' areonauta, la quale è costituita da alcuni piccioli sacchi di sabbia, dev' essere tosto diminuita, vuotando ad uno ad uno questi sacchetti per alleggerire l' apparecchio, e per far salire il pallone finchè può trovare un' altra corrente di aria, che faccia divergere il globo dalla situazione pericolosa in cui trovavasi, e lo trasporti in un luogo più favorevole e senz' alcun pericolo, per discendere

fino a terra. In tal modo puossi moderare e rallentare la discesa di un areostata, secondo il bisogno e le circostanze.

Il para-cadute. — Chiamasi con tal nome quell'apparecchio che venne immaginato onde poter discendere a terra sull'istante, nel caso di un imminente pericolo, poichè l'areonauta che già si trova nella navicella o cesta del paracadute, non fa che tagliare la corda che lo tiene attaccato al pallone, lasciando questo in balìa di sè stesso.

Il signor Garnerin immaginò un mezzo di salvamento del pallone, che consiste in un peso attaccato ad una fune, che è assicurata alla sommità della rete che involge il pallone, la qual fune arriva fino alla metà del globo stesso. Quando il pallone resta libero, cioè disgiunto dall'apparato inferiore, si capovolge all'istante in forza del peso che lo trascina seco, e in tal modo scaricandosi l'idrogeno dall'imboccatura dell'areostata capovolto, precipita pur esso a poca distanza dalla navicella unita al paracadute.

Osserviamo però, che tale apparecchio fino ad ora non è mai stato impiegato come mezzo di salvezza ne' viaggi aerei, ma soltanto si pose in opera da qualche areonauta di professione, fra' più coraggiosi, per dare agli astanti il meraviglioso spettacolo di un uomo, che si precipita colla massima indifferenza da una considerevole altezza.

Il para-cadute rappresentato dalla *fig.* 5 è un grande ombrello del diametro di *dieci metri* formato di pezzi di *taffetà* cuciti insieme fortemente, e riuniti al centro ad un disco di legno, che serve di nucleo.

Qattro funicelle abbastanza grosse assicurate al disco di legno servono a sostenere la navicella dove monta l'areonauta Nel centro del disco di legno havvi un foro circolare per dare sfogo all'aria compressa che si raccoglie durante la discesa, nella concavità dell'ombrello.

Il para-cadute ch'è in uso oggidì è il medesimo apparecchio inventato dall'areonauta francese Jacopo Garnerin, il quale nel giorno 22 ottobre 1797 si precipitò col suo para-cadute sopra Parigi dall'altezza di oltre *mille metri*, alla presenza di più migliaia di spettatori, che rimasero colpiti di sì grande coraggio. Questo sorprendente spettacolo venne riprodotto, ed offerto nuovamente alla curiosità del pubblico prima da madamigella Elisa Garnerin, nipote di questo coraggioso areonauta,

la quale fece oltre 27 ascensioni, fra cui tre a Milano, una a Roma, una a Padova e una a Venezia; poscia da madama Blanchard, e ultimamente dagli areonauti Godard e Poitevin.

Direzione degli areostati. — I ripetuti studii fatti in questi ultimi anni da valenti fisici e geometri, ed anche alcune esperienze per dirigere un globo areostatico, hanno ormai provato a sufficienza, ch' è impossibile ottenerne la direzione, non essendo ancora stato trovato un apparecchio atto a combattere l' enorme potenza de' venti, e delle correnti dell' atmosfera, che si trovano nelle regioni superiori, e nello stesso tempo abbastanza leggiero per poter essere trasportato in aria dal pallone medesimo.

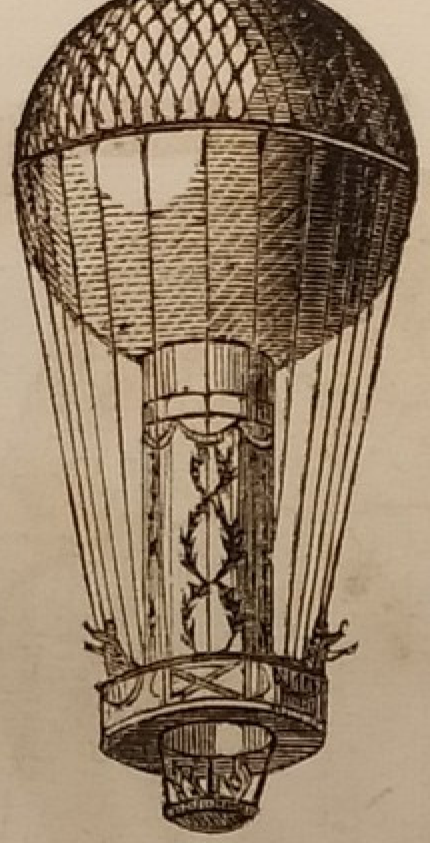


Fig. 3.

Fig. 1.

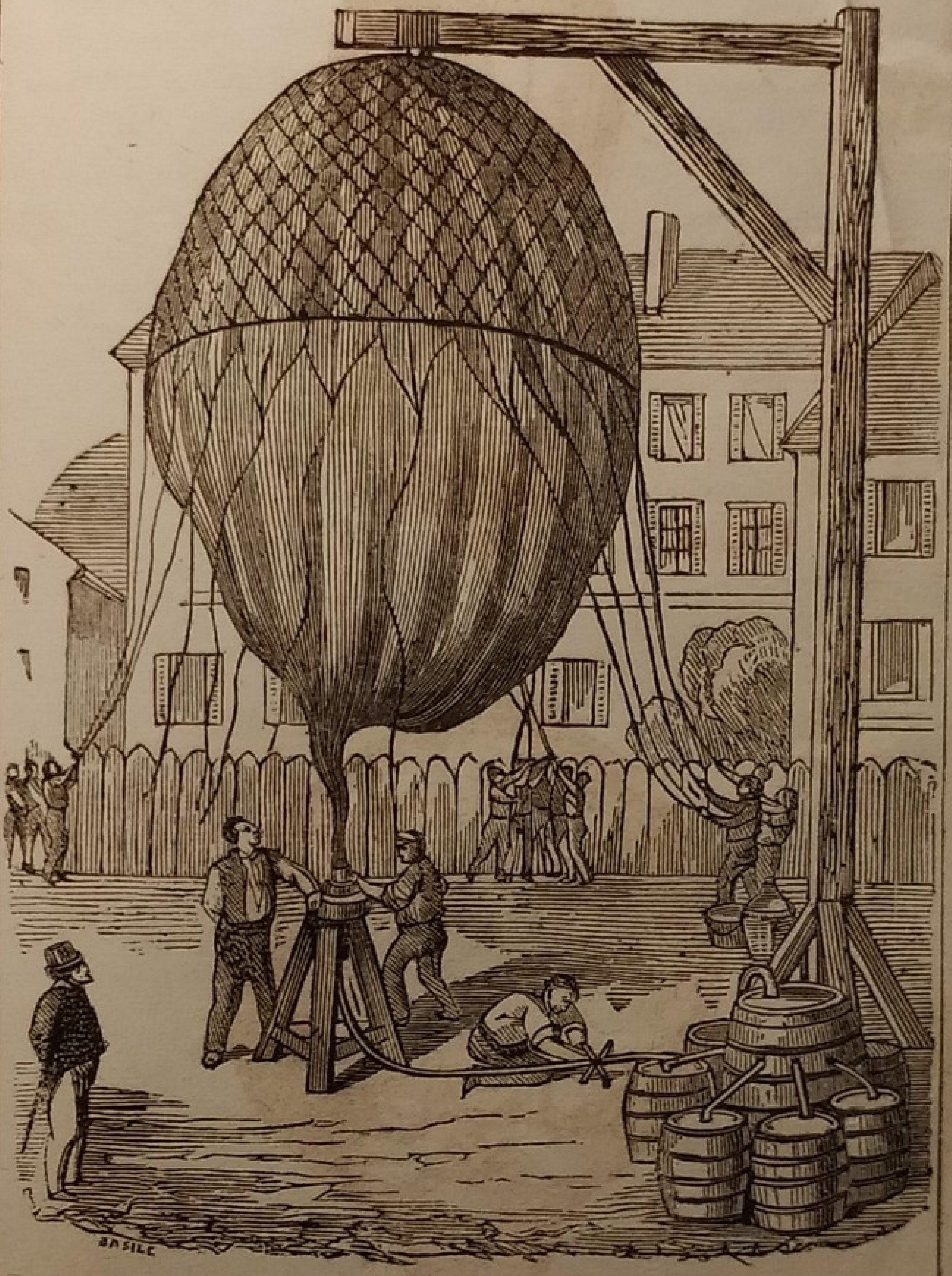


Fig. 2.

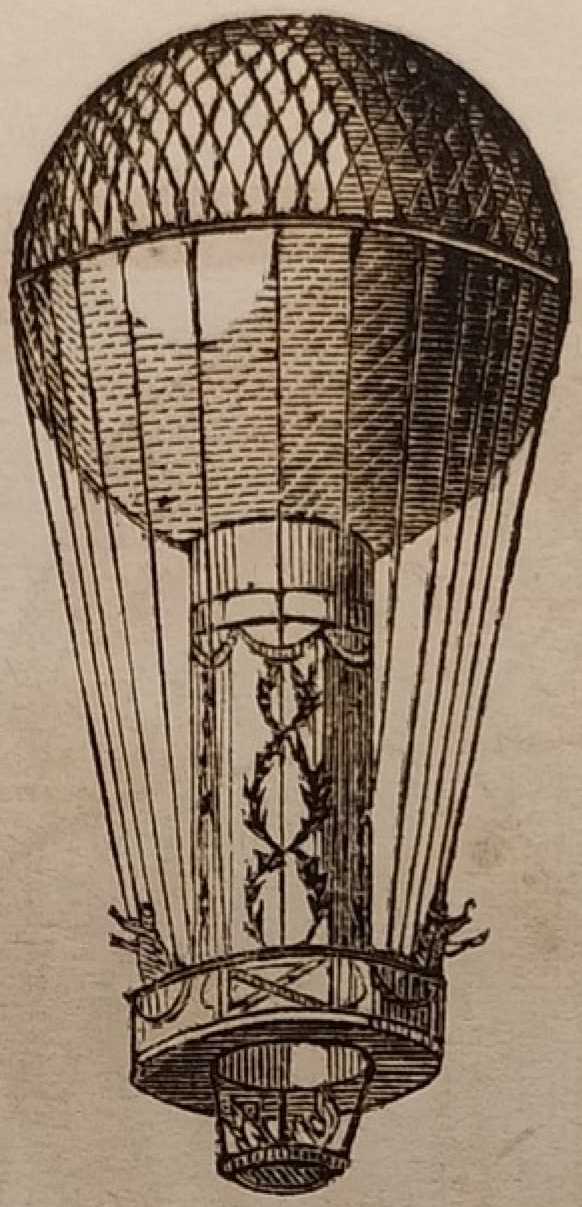


Fig. 3.

Fig. 1.

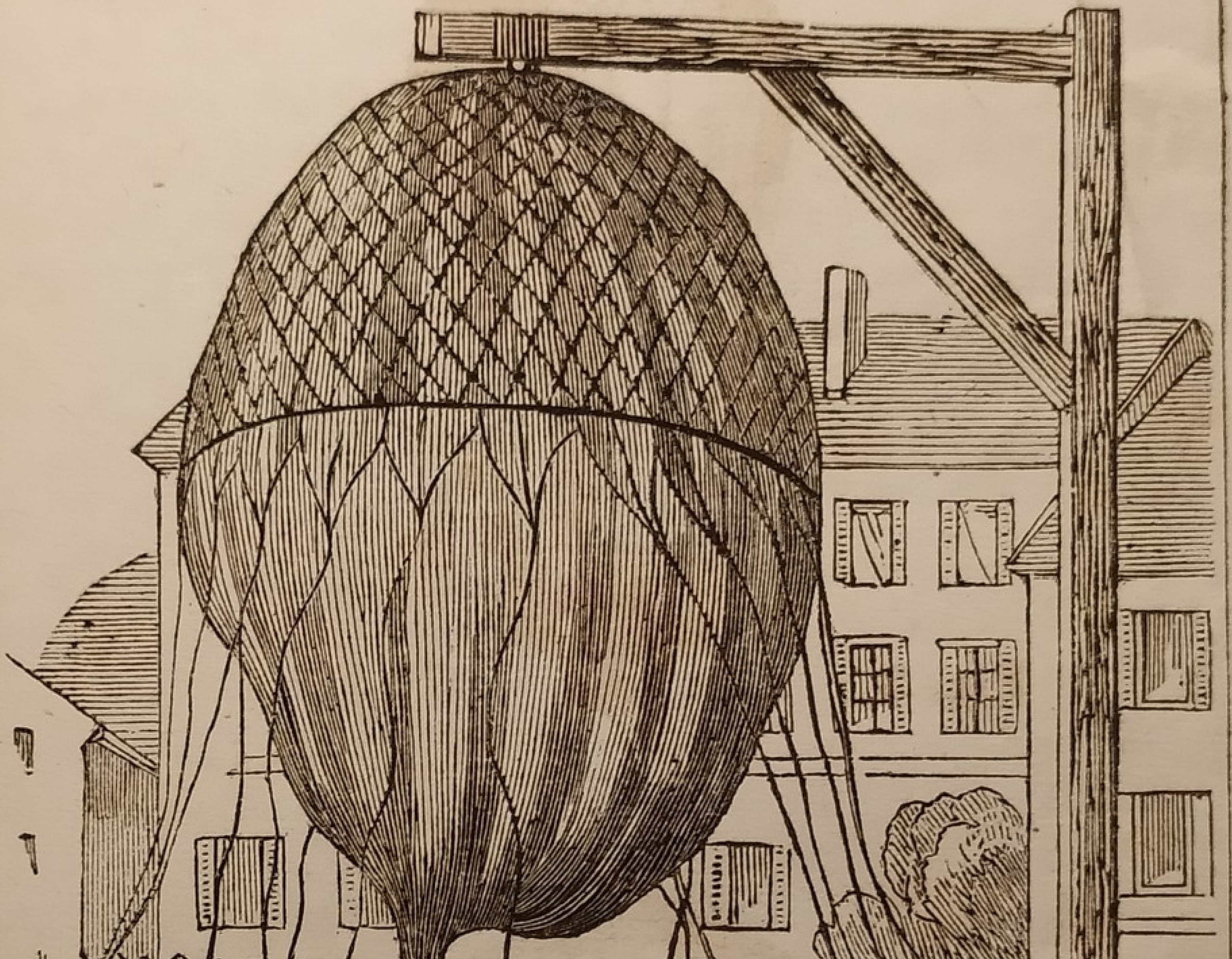


Fig. 2.

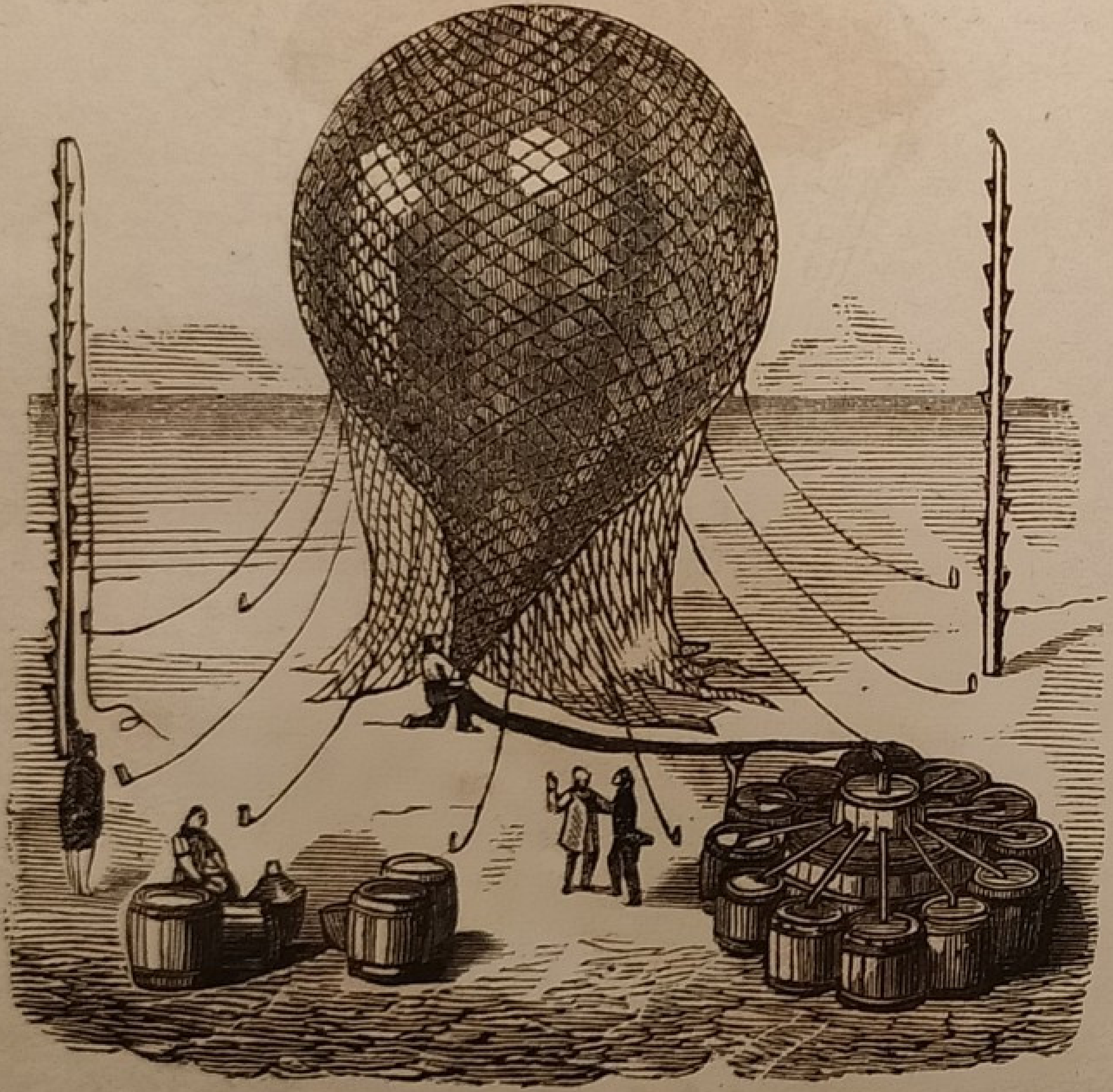


Fig. 4.

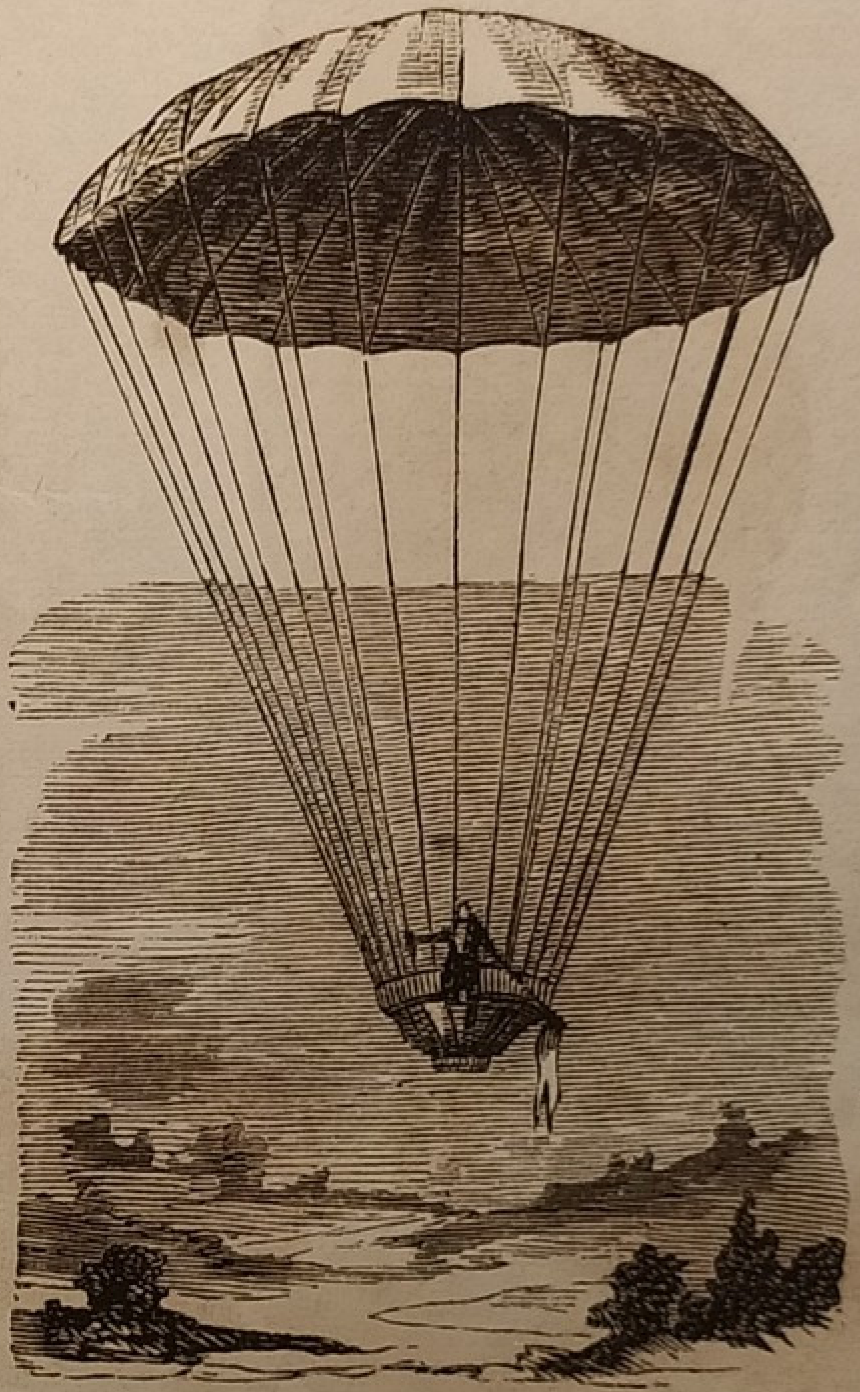


Fig. 5.

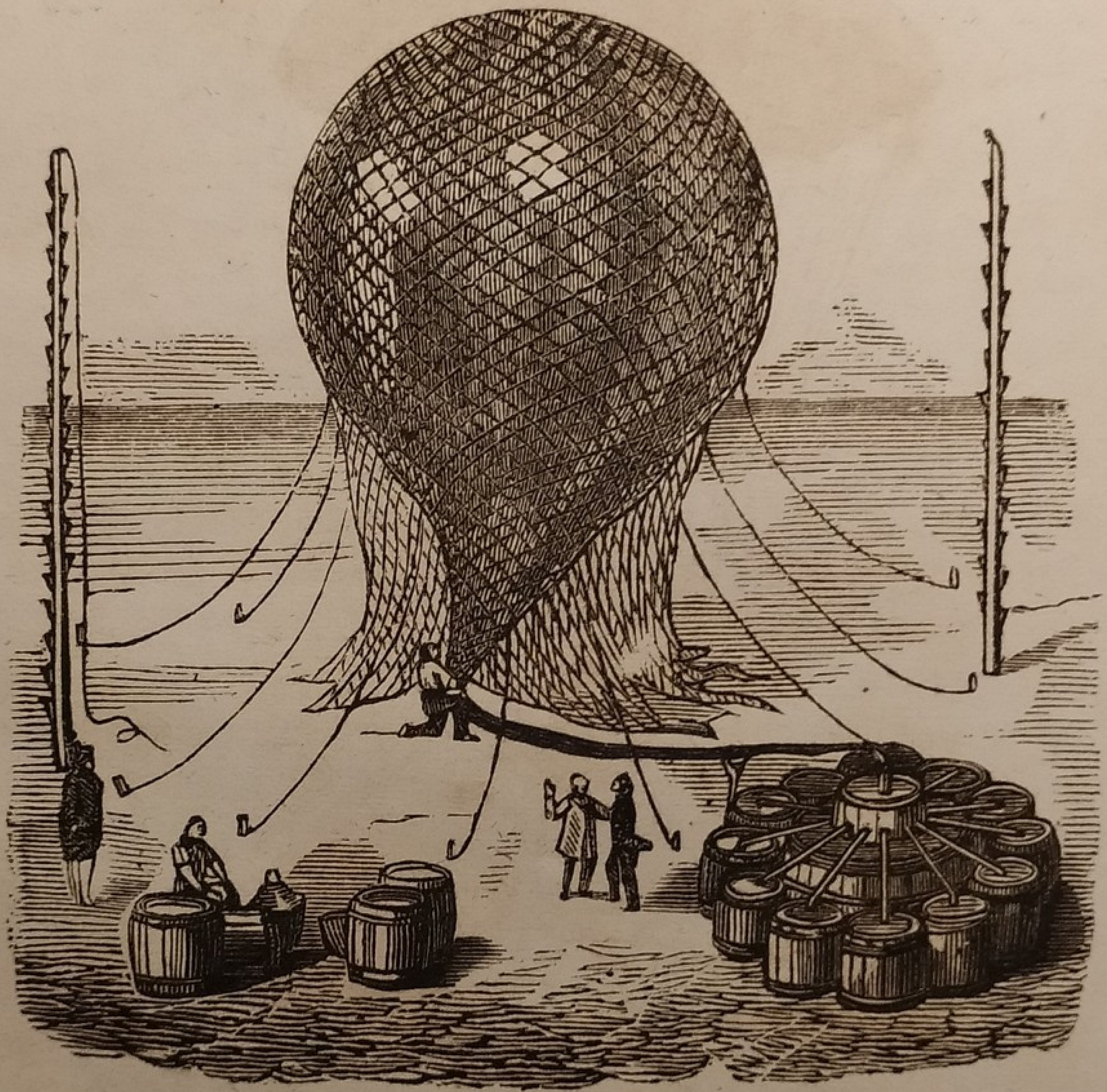


Fig. 4.

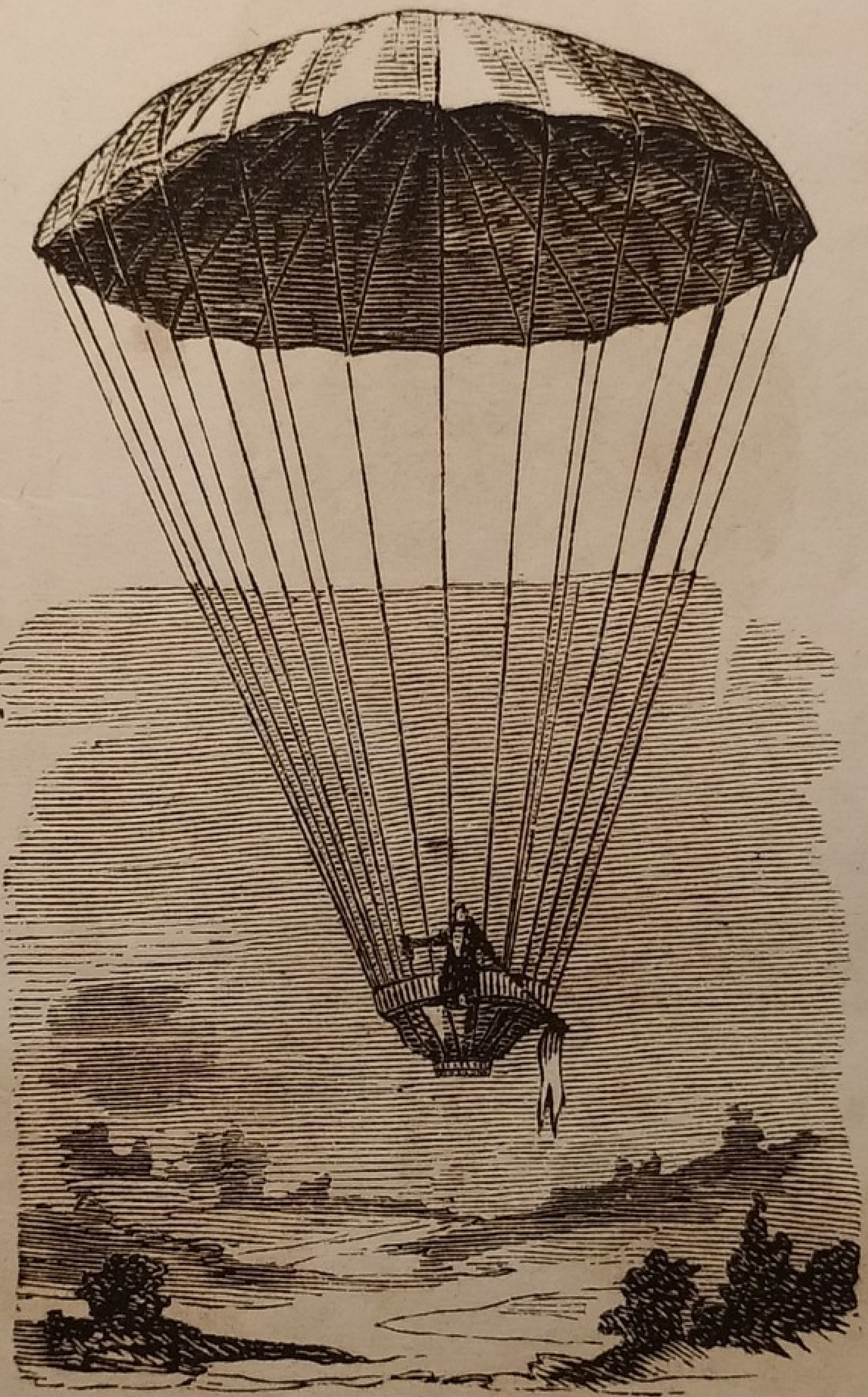


Fig. 5.

CAPITOLO XXIII.

POZZI ARTESIANI.

Si chiamano pozzi artesiani de' profondi buchi verticali praticati nel suolo da una trivella, pe' quali le acque imprigionate a qualche profondità nel seno della terra s'innalzano fino alla superficie, e spingono anche talvolta il loro zampillo ad una grande altezza.

Storia. — L'uso della trivella per la ricerca delle acque nel seno della terra rimonta ad un'epoca assai remota. La Siria, l'Egitto, le Oasi dell'antica Libia, ebbero de' pozzi, ottenuti con tale processo. Olimpiodoro che viveva in Alessandria di Egitto nel secolo VI, lasciò memoria, che nelle Oasi vi erano de' pozzi profondi dalle 300, alle 500 braccia, vale a dire, da 48 ad 80 metri, da' quali si scaricava l'acqua a torrenti sulla superficie del suolo.

Da tempo immemorabile il perforamento delle sorgenti d'acqua saliente venne praticato da' Chinesi, da quel popolo straordinario, che in mezzo al mistero e al silenzio del suo isolamento, rivendica una parte delle grandi scoperte dell'umano ingegno. Nella provincia di Ontong-kiao, sopra una superficie di quaranta leghe quadrate, si contarono più di *diecimila* pozzi, fra i quali ve n'erano alcuni profondi 3000 piedi.

Per forare questi pozzi così profondi, i Chinesi adoperavano un apparecchio a *percussione*, del quale non si conoscono i particolari. Si potè rilevare soltanto, che il pezzo principale è un cilindro scannellato di ferro fuso, del peso di tre quintali, e sostenuto da una corda attaccata ad un albero alquanto inclinato, il cui piede è infisso nel suolo. Questo istromento si nomina *ariete*, e si batte con esso il fondo del pozzo come si fa col pistello in un mortaio. Per abbassare l'*ariete*, si fa piegare a forza l'albero cui è appeso, e per innalzarlo si lascia in libertà l'albero stesso, il quale si raddrizza in forza dell'elasticità di cui è dotato.

I pozzi artesiani in Europa. — Il primo pozzo artesiano costruito in Europa si è quello de' padri Certosini di Lillers nell'antica contea di *Artois*, ora Dipartimento del *Passo di Calais*, ai tempi di Luigi il Grosso nell'anno 1126. Questo pozzo continua a gettar acqua anche al presente. Luigi XIV chiamò poi in Francia Domenico Cassini, il quale si sforzò di far conoscere i processi de' quali si era servito in Italia per forare i pozzi artesiani (*).

In Italia i pozzi a trivella, vennero introdotti per la prima volta nel Ducato di Modena. Lo stemma della città di Modena rappresenta due trivelle da fontaniere coll'epigrafe: *Avia pervia.* L'opera più antica nella quale si trovano dati certi intorno all'uso della trivella per forare i pozzi, è quella pubblicata nel 1691 dal Rimazzini professore di medicina nel liceo ducale di Modena.

Bernardo Palissy, l'illustre autore delle *Figurine rustiche,* del quale noi abbiamo citati i lavori, e ricordato la infelice riuscita, parlando delle stoviglie nel *Capitolo* VI, descrive un istromento da lui inventato, e ch'è affatto analogo alla nostra trivella, o per meglio dire, è il primo elemento. « In molti » luoghi, scrive Bernardo Palissy, le pietre sono assai tenere, » e specialmente quando esse sono ancora sotterra, per lo

(*) I pozzi che si ottengono a mezzo della trivella per forare il terreno, si chiamarono, e si chiamano anche oggidì *artesiani*, dal nome del paese (*Artois*), in cui venne forato, come si disse poco innanzi, il primo pozzo in Europa di questo genere. Diconsi poi anche pozzi *modenesi*, perchè in Italia, il primo esperimento di tali pozzi venne fatto sul suolo dell'ex Ducato di Modena.

» che mi sembra che sarebbe sufficiente una grossa trivella » di ferro per traforarlo, ed in tal modo si troverebbe il » terreno calcare, indi l'acqua per fare de' pozzi, la quale » potrebbe alle volte anche salire fino alla superficie del » suolo. »

Il primo pozzo artesiano forato a Parigi fu quello, per quanto si dice, che fece costruire Jacopo Leborgne, nell'ospitale de' *Fanciulli rossi*, fondato dalla duchessa di Alencon, sorella di Francesco I. Verso la metà del presente secolo il numero de' pozzi artesiani si è notabilmente accresciuto in Francia, in Germania, in Italia ed in altri paesi di Europa.

Nel 1818 la *Società d'incoraggiamento per l'industria nazionale*, si occupò moltissimo intorno a questo importante argomento, e propose anche de' premi a coloro, che presentassero nuovi stromenti per la perforazione de' pozzi. Hericart di Thury, e Degousée, si sono molto distinti pei loro lavori teorico-pratici nell'arte di forare i pozzi. In grazia delle loro ricerche, questo ramo importante della meccanica, ha ricevuto trenta anni or sono, un perfezionamento notevole. Nel 1844 il successo della perforazione intrapresa dall'ingegnere Mulot a Grenelle destò un vivo interesse in Francia, e attrasse la pubblica attenzione.

Considerazioni generali intorno a' pozzi artesiani. — L'acqua che trovasi a qualche distanza sotto il suolo terrestre, circola generalmente in uno strato di terreno *permeabile*, e fra due strati *impermeabili*. Lo strato permeabile è sabbioniccio o composto di pietra calcare disgregata, ed anche di roccie compatte, ma intersecate da profonde fessure. Gli strati impermeabili sono di granito, o di creta o di marna, o di qualsiasi altra roccia compatta e senza fessure. Siavi adunque uno strato permeabile *a d*, *c b*, come rappresenta la *Figura* 1., compreso fra due strati impermeabili; lo strato permeabile assorbirà continuamente l'acqua piovana in tutta la sua estensione, e si riempirà fra i due strati impermeabili fino ad una altezza, per esempio al livello *c d*. Se si perforano tutt'i strati superiori che coprono lo strato acquifero, l'acqua sotterranea che vi si trova imprigionata, salirà pel foro della trivella fino alla superficie del suolo.

L'esempio di un bacino ben chiuso, e semicircolare come

quello che rappresenta la suddetta *Figura*, s'incontra di rado in natura. Il bacino di forma più o meno regolare, è per solito framezzato, e interrotto da mille accidenti, per cui una gran parte dell'acqua scappa per le fessure laterali, e ne risulta che l'acqua non può innalzarsi con tanta facilità dal suo punto di partenza.

L'attrito che prova l'acqua prima di giungere al foro della trivella, diminuisce la forza del zampillo, trovandosi imprigionata in canali tortuosi ed irregolari, difficili a percorrersi.

« Per trovare un'acqua zampillante, dice Degousée, si do-
» vrà cercare qualche sito vicino a delle sorgenti in luoghi
» elevati, perchè allora si avrà una maggiore probabilità di
» avere un zampillo che s'innalzi anche molti metri dalla su-
» perficie del suolo. »

Pozzo artesiano di Grenelle. — Le acque che alimentano la magnifica sorgente di Grenelle alle porte di Parigi partono da Langres seguendo la direzione di Bar-sur-Seine, Lusigny, Troyes, Nogent-sur-Seine e Provins. A Langres avvi un denso strato di sabbia molto permeabile, la quale contiene un'immensa quantità di acqua. Ciò che favorisce la salita dell'acqua nel pozzo di Grenelle si è che il bacino di Langres trovasi 473 metri sopra il livello del mare, mentre il suolo di Parigi è soltanto di 50 metri.

Arago avea calcolato in via approssimativa, che a Parigi lo spessore degli strati da attraversarsi prima di trovare lo strato delle sabbie verdi, vale a dire lo strato acquifero del bacino di Langres, era di 460 metri. Dietro questi dati l'ingegnere Mulot cominciò il perforamento del pozzo di Grenelle il 3 novembre 1833. Nell'anno 1835 era raggiunta la profondità di 400 metri con un lavoro regolare, ma la caduta accidentale di un gran cucchiaio cilindrico di ferro molto pesante in fondo al pozzo, impedì la continuazione del perforamento, e ritardò quindi il lavoro, essendosi impiegati quattordici mesi per estrarre questo gran cucchiaio a piccioli pezzi, adoperando e forbici, e lime.

Il giorno 26 febbraio 1841 sortì un volume considerevole di acqua, la perforazione era giunta a 548 metri.

Per un anno allo incirca il pozzo vomitò continuamente acqua torbida frammista a minuta ghiaia e sabbia, in conse-

guenza del guasto delle pareti. In seguito la perforazione deviò alquanto dalla primitiva direzione perpendicolare, e tuttavia gettò 4,500,000 litri di acqua limpida, la cui temperatura era di 27 gradi. Il zampillo di questo pozzo s'innalza al giorno d'oggi 96 piedi sopra il suolo di Parigi.

L'ingegnere Hericart di Thury, nel suo rapporto del giorno 8 aprile 1840, vale a dire dieci mesi prima che sgorgasse la prima acqua, avea annunziato che l'acqua salirebbe quando la perforazione fosse giunta alla profondità di 575 metri all'incirca, e l'acqua comparve a 548 metri; che la sua quantità sarebbe stata di circa 4000 litri per minuto, ed il pozzo dà 4000 litri; che avrebbe la temperatura di 30 gradi, ed ella ne ha 27, che inoltre servirebbe per qualsiasi uso domestico, che scioglierebbe perfettamente il sapone, che sarebbe dolce, perfetta, e quindi potabile. Tutte queste predizioni della scienza furono avverate.

Pozzo artesiano di Passy. — Il pozzo che trovasi presentemente in corso di lavoro nelle antiche cave di Passy, poco stante da Parigi, offre proporzioni gigantesche. Si calcola di trovare la medesima quantità di acqua come nel bacino di Grenelle; ma siccome il luogo è più elevato, converrà perforare ad una maggiore profondità. Questo lavoro colossale fu intrapreso sotto la direzione di un abilissimo ingegnere di Sassonia per nome Kind.

Il metodo usato dalla perforazione di questo pozzo, non è quello stesso di Grenelle, perchè a Grenelle, lo strumento perforatore era una specie di grande trivella, mentre a Passy, si adopera pel traforamento un trapano di acciaio armato di sette gran denti, del peso di 1800 chilogrammi.

A Grenelle, la trivella era attaccata ad una lunghissima asta di ferro, a Passy invece, il trapano è assicurato ad un numero indeterminato di aste di legno lunghe 10 metri secondo la profondità, ed unite fra loro a mezzo di grosse viti di ferro. Tutta la serie di queste aste che sostengono il trapano, è sospesa all'estremità di un bilanciere, il quale è unito dall'altra parte ad un'asta di ferro ch'è in comunicazione collo stantuffo di un cilindro a vapore. L'asta che porta il trapano, riceve un movimento alternativo di percussione verticale. Quando il trapano ha forato il terreno per un metro poco più, lo si dis-

tacca dall'estremità del bilanciere, e si fa salire a mezzo di una corda ravvolta sopra un verricello, posto in movimento da un secondo cilindro a vapore.

Si fora il terreno per sei ore, indi si procede a levare la terra smossa. Per ciò fare, dopo levato l'apparecchio, si adopera uno secchio cilindrico di grosso lamierino di ferro, il cui fondo è formato da due animelle mobili semicircolari che si aprono per di dentro.

Lasciando cadere il secchio con grande velocità, questo col proprio peso s'interna nella materia smossa, la quale entra dentro pel fondo del medesimo aprendosi le due animelle in forza della pressione che la materia stessa esercita sopra di esse per entrare nell'interno del secchio, e all'atto che si vuol ritirare il secchio, le animelle si chiudono sotto il peso della materia che va ad appoggiarsi sul fondo del recipiente. I lavori di questo pozzo non sono ancora compiuti, perchè un accidente avvenuto nel 1858, impedì per qualche tempo la continuazione dei lavori e in tal modo venne ritardato il momento della riuscita definitiva.

Pozzi artesiani.

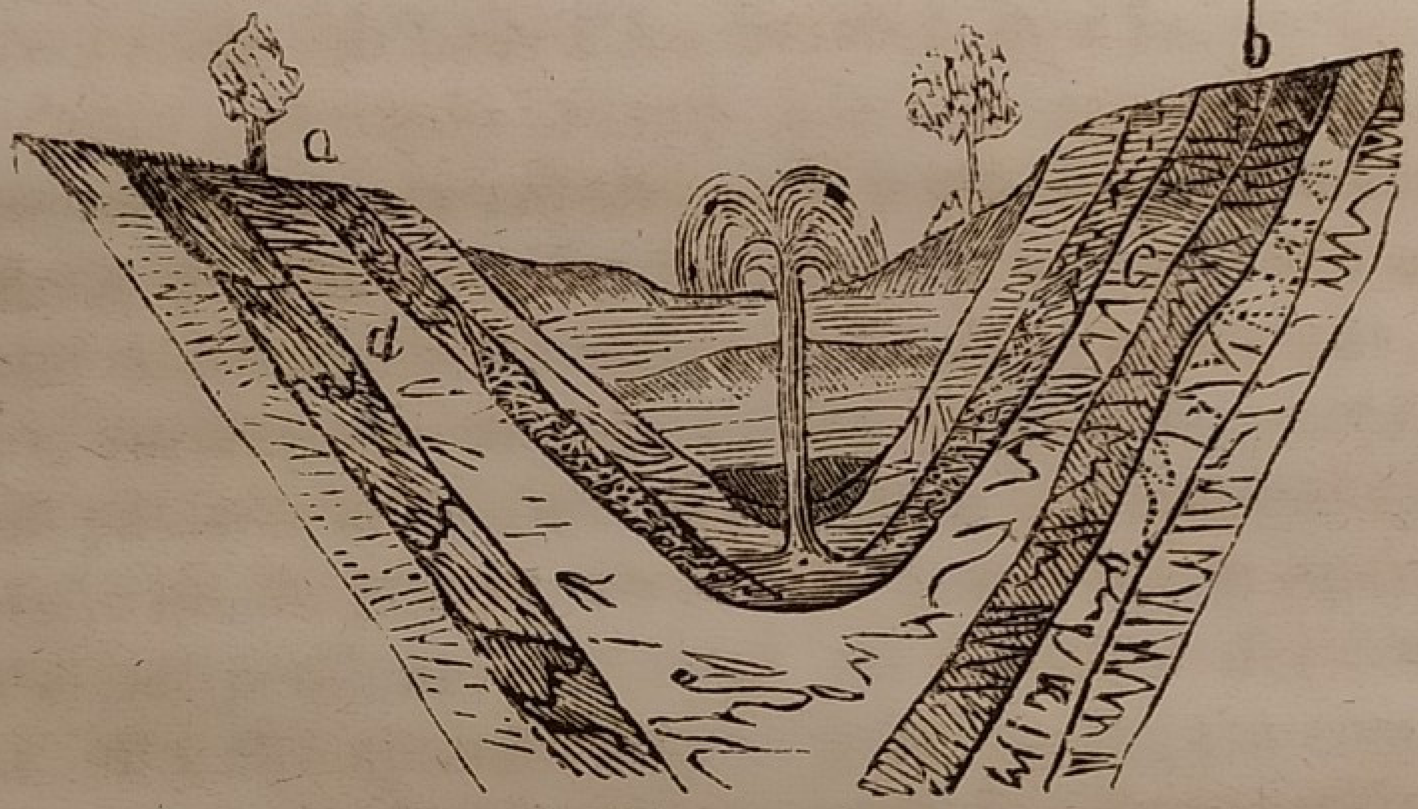


Fig. unica.

CAPITOLO XXIV.

PONTI SOSPESI.

Considerazioni generali. — I ponti sospesi sono costituiti da gomene o catene di ferro, tese da una sponda all'altra di un fiume o canale navigabile, le quali a mezzo di spranghe di ferro, sostengono una travatura o tavolato, sopra il quale possono passare le vetture e i pedoni. I vantaggi speciali che presentano questi ponti sono la loro posizione in opera, la quale è affatto indipendente dal letto dei fiumi, e dei torrenti impetuosi, alle cui sponde non si avrebbe potuto costruire i piloni di pietra; la facilità, la prontezza, e l'economia della loro costruzione, finalmente la loro arditezza, leggerezza ed eleganza. Nei ponti fissi la corda dell'arco riguardo a quelli costruiti in pietra non ha mai oltrepassato i 60 metri, in quelli di ferro, i 73 metri, e in quelli di legno i 119 metri, mentre i ponti sospesi possono applicarsi sopra due sponde opposte distanti fra loro 500 metri, attraversando le più profonde vallate, e riunendo fra loro le vette più scoscese. Quanto più sono solidi tanto più sono sicuri per la loro resistenza e per la durata. Essi pure servono di ornamento architettonico alle gole deserte e montuose, ed ai profondi abissi sopra i quali si trovano, mercè la leggerezza e la grazia delle loro curve.

Riassunto storico. — I primi esperimenti dei ponti sospesi furono fatti in Asia. Il viaggiatore Turner nella relazione

della sua ambasciata al Thibet, ricorda un ponte chiamato *Chouka-Chazum*, costituito da un tavolato di *bambou* appoggiato sopra cinque catene di ferro. La lunghezza di questo ponte era di 146 metri; gli abitanti attribuivano ad esso un'origine favolosa.

La *storia generale dei viaggi* ricorda l'esistenza nella China di altri due ponti dello stesso genere.

Questi ponti, che gli scrittori chinesi hanno chiamato poeticamente *ponti volanti*, sono per lo più appoggiati in siti così elevati, che non si può far a meno di passarli senza esser compresi da un po' di timore. Un ponte di questo genere esiste ancora nella Senisia; esso attraversa una gola spaventevole fra due altissime montagne, le quali sono distanti fra loro 400 metri, e sovrasta ad un profondissimo abisso. Dal livello dell'acqua che scorre al basso fra le roccie di quel precipizio ed il ponte, vi sono 500 piedi di altezza.

Questi *ponti volanti* sono per lo più abbastanza larghi da permettere, che possano camminare quattro uomini di fronte; essi sono muniti di eleganti e solidi ripari per la sicurezza dei passaggieri. Non è difficile che i missionarii cristiani inviati alla China, abbiano veduti ponti 150 anni addietro, e che avendo ciò raccontato ritornando in Europa, gl'ingegneri europei abbiano immaginato i ponti sospesi che veggonsi oggidì.

Da lungo tempo nei paesi meridionali dell'America i ponti sospesi uniscono fra loro le alte cime delle Ande, e delle Cordigliere. Humboldt nel 1812 traversò la riviera di Chambo sopra un ponte sospeso lungo 40 metri. In quei paesi dove il ferro è raro, e quindi al alto prezzo, le gomene sono formate di un vegetabile detto *liana*, e le corde colle fibbre della così detta *Agava americana* (*).

Trovasi in una raccolta di stampe rappresentanti molte macchine, pubblicata a Venezia nel 1617, due tavole che mostrano due ponti sospesi, l'uno con catene di ferro, l'altro con corde.

Nel 1741, fu costruito un ponte sopra il torrente Lees fra

(*) La *liana* è una pianta sarmentacea, della quale se ne trovano varie specie in America, e gl'indigeni si servono di essa per fare le gomena da bastimento, e le corde più grosse.

le contee di Durham, e d'York in Inghilterra. Questo avea un tavolato di due piedi di larghezza, cioè pel passaggio dei soli pedoni, ed era appoggiato sopra due catene di ferro, le quali ondulavano moltissimo. Era lungo 70 piedi, e munito di riparo solo da una parte. L'altezza fra il ponte ed il torrente era di 60 piedi.

Il primo ponte sospeso permanente pel passaggio delle vetture secondo il moderno sistema, fu costruito in America dall'ingegnere Findley.

Dopo l'America, l'Inghilterra vide sorgere i ponti sospesi in varii punti del suo territorio.

Riguardo alla Francia, le guerre continue che la desolarono al principio di questo secolo, servirono di grande impedimento al progresso della sua industria, ed interruppero le relazioni commerciali colle altre nazioni, e per conseguenza ritardarono l'introduzione dei ponti sospesi. Il primo ponte di tal genere venne costruito nella picciola città di Annonay dai fratelli Seguin nipoti di Montgolfier.

Questo picciolo ponte non serviva che pei soli pedoni, ma i costruttori poco dopo gettarono un gran ponte sul Rodano fra Tain e Tournon, atto al passaggio delle vetture e dei carri carichi di mercanzie, e questo fu il primo veduto in Francia.

Dopo quest'epoca, tutte le chiatte che servivano a trasportare le vetture e i carri sopra i fiumi ed i canali navigabili, furono sostituite ben presto da altrettanti ponti sospesi, e la Francia ormai non ha più nulla ad invidiare, sotto questo rapporto nè all'America, nè all'Inghilterra.

Costruzione dei ponti sospesi. — Le gomene. — Le gomene che devono portare il tavolato del ponte, sono tese da una sponda all'altra del fiume, e portano il tavolato medesimo a mezzo delle spranghe di sospensione. Queste gomene sono formate di varii fili di ferro della medesima lunghezza e grossezza, non intrecciati insieme, ma bensì riuniti fra loro parallellamente, e legati all'intorno con filo di ferro cotto più sottile.

Devesi dare alle gomene una sufficiente dimensione, perchè possano sopportare senza pericolo di spezzatura, il peso straordinario di un carro o più carri carichi di merci. Conviene avvertire, che i fili di ferro coi quali si formano le go-

mene sieno esattamente della medesima lunghezza, perchè in allora non sopporterebbe il peso che una parte dei fili costituenti la gomena, quelli cioè più lunghi, per cui non potendo sopportare lo sforzo, essi potrebbero spezzarsi, e produrre la caduta improvvisa del ponte.

Conviene far bollire i fili di ferro in un miscuglio di olio e litargirio, e poscia spalmarli con varii strati di colore ad olio quando sono riuniti insieme e preparati per formare la gomena, onde impedirne l'ossidazione.

Catene. — Le catene il cui uffizio è quel medesimo delle gomene, sono formate di spranghe di ferro battuto, ed unite fra loro con chiavarde di ferro. Il lavoro di queste catene dev'esser fatto con molta cura, perchè basta la menoma viziatura in una di esse a spezzarla e produrre l'istantanea caduta del ponte. Questo è il grande inconveniente delle catene di ferro. Ciò nullameno esse sono molto usate in Inghilterra, e tal uso per quel che sembra, sarà in breve adottato anche in Francia, non già pei ponti che servono pei soli pedoni, ma per quelli sopra i quali devono passare le vetture, e i ruotabili carichi di merci.

Ricorderemo a questo proposito i così detti ponti americani ommessi dal Figuier. Questo nuovo sistema fu inventato dall'ingegnoso architetto americano Ithies Jown, e fu realizzato per la prima volta in America alcuni anni or sono, ed ecco la ragione per cui si chiamano *ponti americani*. Questi si possono costruire tanto in legno quanto in ferro, e la durata dei medesimi è pari a quella dei ponti sospesi. La somma facilità e la prontezza di mettere in opera questo genere di ponti, e fors'anche il tornaconto rispetto alla spesa di costruzione e della loro manutenzione furono i motivi, per cui da qualche tempo si preferiscono a qualsiasi altro sistema quante volte occorra gittare un ponte di legno o di ferro, attraverso qualche fiume o torrente.

Il primo ponte americano che fu costrutto nelle provincie venete fu quello sul Piave, a Capo di ponte, lungo la strada postale che per Belluno conduce in Allemagna. Questo ponte è costruito in legno, però con alcune modificazioni come si fece rispetto al grandioso ponte americano di legno sulla Drava nella Stiria presso Marburgo.

Due ponti americani in ferro trovansi ora a Venezia di recente costruiti dall'ingegnere francese Newille i quali attraversano il Canal grande.

Tavolato. — Il tavolato del ponte si divide in una strada di mezzo coperta di ghiaia per le vetture, e in due marcia-piedi laterali pei pedoni. Esso è composto di traversi sostenuti alle due estremità delle spranghe di sospensione. I traversi sono assicurati ai correnti de' due marcia-piedi, che determinano la larghezza del ponte. L' unione de' traversi è importantissima, avendo lo scopo di evitare le ondulazioni del ponte prodotte del passaggio delle vetture, per cui è necessario nel costruire questo genere di ponti di ripartire il peso de' traversi di legno sopra un gran numero di spranghe di ferro.

Il tavolato della strada di mezzo è formato di grossi madrieri collocati per lo lungo del ponte, paralelli alle due sponde e fissati sopra i traversi, non che di grosse tavole inchiodate sopra i madrieri in senso traversale rispetto alla lunghezza del ponte. Il tavolato poi dei marcia-piedi è formato di grosse tavole inchiodate sopra i correnti che si trovano alle due estremità dei traversi, e sopra quelli che orlano e determinano la strada di mezzo pei ruotabili.

Testate del ponte. — Quanto più obbliqua è la curvatura delle gomene o delle catene, tanto minore è lo sforzo che queste o quelle devono sopportare. Egli è perciò, che i così detti punti di appoggio dei ponti sospesi, si tengono molto alti, rispettivamente al livello delle due sponde del fiume, onde poter dare alle gomene o catene la maggior curvatura possibile. I punti di appoggio si costruiscono in muratura, oppure anche possono servire delle grande colonne di ferro fuso. Generalmente ve ne sono due per parte, eretti in prossimità alle sponde e qualche volta ne viene collocato un terzo nel mezzo del fiume, cui viene dato il nome di *pila*.

Al di là de' punti di appoggio le gomene o catene si ripiegano, e vengono infisse ed assicurate ad un solido e massiccio manufatto di mattoni, che si chiama *testata del ponte*. Queste catene che sormontano i punti di appoggio e si dirigono al di quà ed al di là del ponte in un senso opposto, si chiamano col nome particolare di *catene di ritenuta*. In forza di questa ingegnosa disposizione, la resistenza di tutti gli sforzi trasmessi lungo le catene, è diretta nel senso medesimo dei punti di appoggio, per cui questa forza, per quanto potente ella sia, non potrà mai rovesciarli, ma bensi schiacciarli, il

che poi non è facile. Le catene si assicurano definitivamente in *camere sotterranee.*

Prova dei ponti sospesi. — I ponti di questo genere non si aprono mai al libero passaggio, senza averli dapprima sottoposti ad una prova la quale consiste, caricandoli da una estremità all'altra di un peso maggiore di quello che risulterebbe se si coprisse tutta la superficie del ponte con una massa di uomini stipati uno presso l'altro. Esigesi adunque perchè la prova sia valida e sicura, che un ponte sospeso possa sopportare per 24 ore il carico di 200 chilogrammi per ogni metro quadrato di superficie. Ora, coprendosi con un numero di uomini la superficie di un metro quadrato, darebbero il peso medio di 70 chilogrammi, e la forza di un uragano, per quanto violento egli fosse, non produrrebbe che l'effetto di un carico di 68 chilogrammi. Tuttavia per non dare un crollo troppo forte ai manufatti di muratura appena eseguiti, i ponti si assoggettano alla prova della metà del peso indicato, vale a dire si caricano in ragione di 100 chilogrammi per ogni metro quadrato, il quale vi si lascia sopra per 24 ore, e dopo ciò, si permette il libero passaggio alle vetture ed alle persone per sei mesi. Passato questo tempo, si eseguisce la prova completa, vale a dire, quella dei 200 chilogrammi.

A complemento di questo Capitolo giova ricordare la grande invenzione dell'illustre ingegnere inglese Roberto Stephenson, quella cioè del così detto *ponte-tubo.*

Stephenson costruì due di questi ponti, i quali sono la continuazione di due ferrovie a doppio binario. Il primo attraversa la riviera di Conway, il secondo lo stretto di Menay, ambidue in Inghilterra. Questo secondo ponte congiunge l'isola Anglesey al paese di Galles, è lungo 450 metri, e trovasi 40 metri opsra il livello del mare. Fu costruito in soli tre anni, cioè dal 1847 al 1850 in cui venne aperto al pubblico passaggio, e venne denominato *Britania.*

Roberto Stephenson nacque in Inghilterra nel 1803 e morì nel 1859 nell'ancor fresca età d'anni 56. Era figlio di un costruttore di locomotive a Newcastle. Nel 1823 studiò fisica e meccanica nella università di Edimburgo. Nel 1825 andò a visitare le miniere d'oro e d'argento nella Columbia, ed a Venezuela, onde istruirsi anche in quel ramo d'industria. Nel 1828 tornò in Inghilterra, e si applicò tosto agli studj relativi alle strade ferrate. Ottenne il premio di 500 lire sterline (12,500 franchi) per

la costruzione di una locomotiva che univa alla forza ed alla celerità il poco peso, essendo stato per questa aperto un concorso a Londra, da una società di azionisti. Ma il suo lavoro principale, una delle meraviglie dell'arte, che l'umano ingegno, e il genio industriale abbia mai concepito e realizzato non solo in Inghilterra, ma nel mondo incivilito, si è certamente quello dei due *ponti-tubo* costruiti in ferro per le località sopraindicate, contenenti ambedue una ferrovia a due binarii. Se lo Stephenson non si fosse acquistata una fama in Europa per la sua potenza inventiva, e per le tanto grandi opere da lui condotte a fine con felice successo, avrebbe bastato il solo *ponte-tubo* a rendere quest'uomo immortale.

Ponti sospesi più considerevoli in Europa. — 1. Il ponte di *Friburgo* che attraversa una profondissima valle, il quale è di una sola travata lunga 265 metri, e le catene del medesimo sono infisse nella roccia. 2. Quello di *Menay* in Inghilterra, ch'è costituito di tre travate, e s'innalza 30 metri al disopra del livello del mare, per cui può passare al dissotto qualsiasi nave o bastimento a vela. 3. Il ponte *Cubzac* in Francia di cinque travate, lungo 500 metri. È sostenuto da colonne di ferro fuso, ed è elevato anche questo in modo che può passare sotto di esso qualsiasi bastimento a vela. 4. Il ponte di *Rouen*, è costituito di una sola arcata di ghisa molto alta, la quale attraversa la Senna. I piloni di muratura che sostengono quest'arcata sono abbastanza distanti l'uno dall'altro, per lasciare libero il passaggio ai più grossi vascelli che percorrono questo gran fiume.

CAPITOLO XXV.

LA FOTOGRAFIA.

Giuseppe Niepce scopritore della fotografia. — A Giuseppe Niepce nato a Châlons nel 1765 devesi attribuire il merito della scoperta importantissima della quale ci occuperemo in questo *Capitolo.* Di ventisette anni, Giuseppe Niepce era primo tenente nell'armata francese, e nel 1794 fu nominato amministratore del distretto di Nizza. Nel 1802 ritornò in patria, e dopo qualche mese vi ritornò anche suo fratello Claudio. Questi due fratelli si ritirarono in quiete in una casa di campagna di loro proprietà sulle rive della Saona ne' contorni di Châlons, e si occuparono nella meccanica, e in esperimenti fisici. Nel 1813 Giuseppe Niepce cominciò le sue ricerche fotografiche, e nel 1814 potè ottenere qualche risultamento

Lo scopo di Niepce era quello di fissare le immagini nella camera oscura. Questo istromento consiste in una picciola cassetta quadrilunga chiusa ermeticamente da ogni parte, ad eccezione di un forellino rotondo praticato nel centro di uno de' lati della cassetta pel quale entrano i raggi luminosi. Questi raggi incrocicchiandosi dipingono l'immagine capovolta e in dimensioni assai minori sopra la parete interna della cassettina che trovasi di contro a quella ov'è praticato il picciolo

foro. La *Fig.* 1 mette in evidenza il fenomeno ottico che riscontrasi nella camera oscura, quello cioè di vedere dipinti a rovescio gli oggetti esterni sulla parete interna della camera stessa.

Il celebre fisico napoletano Porta, immaginò di applicare al foro della camera oscura una lente biconvessa, la quale fece vedere l'immagine più chiara, più netta, e più precisa ne' contorni.

Nel 1824 Niepce sciolse finalmente il problema della fissazione dell'immagine. Egli scelse all'uopo il *Bitume di Giudea*, ch'è una sostanza nera, la quale si modifica chimicamente sotto l'influenza della luce, per cui diviene *impressionabile*, e perde poi la propria solubilità ne' liquidi spiritosi. Niepce applicava un sottilissimo strato di bitume di Giudea sopra una piastra di rame inargentata, e collocava questa piastra nella camera oscura al fôco della lente. Dopo qualche ora ritirava la piastra metallica e la immergeva in un miscuglio di olio di petrolio, e di essenza di lavanda. Le parti influenzate dalla luce restavano intatte, le altre si scioglievano, per cui l'intonaco del bitume indicava i chiari, le parti della piastra rimaste senza intonaco indicavano le ombre, e i punti ne' quali l'intonaco era stato sciolto imperfettamente, le mezze tinte. Ma per ottenere questo disegno erano necessarie *dieci ore*, a cagione della lentezza con cui si modifica il bitume assoggettato alla influenza della luce, e durante questo periodo di tempo, il sole continuando il suo cammino, alterava, e cangiava le ombre ed i lumi.

Con questo processo, ancora imperfetto, Niepce giunse però ad ottenere delle tavole che potevano supplire ad un'incisione, tale essendo il suo scopo.

Versando sopra queste piastre un acido qualunque, il metallo restava solcato nelle parti che non erano coperte dall'intonaco resinoso, per cui si poteva servirsi di questa piastra per tirare delle stampe sopra la carta. Niepce chiamava questo nuovo metodo per incidere sul metallo, *eliografia*.

Daguerre. — Contemporaneamente occupavasi a Parigi ne' medesimi esperimenti il pittore *Daguerre* che erasi acquistata una qualche rinomanza per l'invenzione del *Diorama*. Daguerre che non aveva ancora ottenuto alcun risultato soddis-

facente da' suoi lunghi tentativi, venne a sapere, che un certo Niepce della medesima sua provincia era riuscito a risolvere lo stesso problema, del quale egli si occupava da gran tempo, quello cioè di fissare le immagini nella camera oscura.

Il pittore parigino cercò di mettersi in relazione con Niepce, proponendogli di associarsi per continuare insieme gli studii e gli esperimenti intorno ad un argomento del quale ciascuno erasi occupato da se. A tal effetto venne firmato a Châlons nel 14 dicembre 1829 un compromesso fra Niepce e Daguerre.

Conosciuto il processo da Daguerre, questi si occupa subito a perfezionarlo. Al bitume giudaico sostituisce la resina, ottenuta distillando l'essenza di lavanda; non immerge più la piastra metallica nel miscuglio oleo-resinoso, ma si limita a sovraporre la piastra alla evaporazione dell'essenza oleosa. Questo vapore si condensa solamente sopra le parti che restarono in ombra, e non esercita la menoma influenza sopra i lumi indicati dalla resina bianca, per cui le ombre vengono rappresentate da una specie di vernice trasparente, formata dalla resina sciolta nell'olio essenziale.

Daguerre cangia del tutto anche le basi del processo Niepce. Mentre Niepce si accontentava, che la piastra metallica così preparata sostituisse una piastra incisa, allo scopo di poter ottenere delle prove o delle stampe sulla carta, Daguerre invece vuole, che il disegno completo e definitivo rimanga sulla piastra, o lamina metallica.

In seguito i due socii comunicandosi a vicenda le proprie idee, sostituivano l'iodio alle sostanze resinose, il quale rende maggiormente impressionabili le piastre d'argento.

Niepce morì di 63 anni, dopo oltre vent'anni di lavoro povero ed ignorato, ma la sua gloria doveva pure risplendere rendendo giustizia a chi avea saputo trovare il modo di utilizzare la luce, ottenendo delle produzioni artistiche, che prima non potevano essere eseguite che dalla mano dell'uomo.

Daguerre continuò le sue ricerche, e ben presto ebbe la fortuna di scoprire la meravigliosa influenza de' vapori del mercurio sullo sviluppo dell'immagine fotografica. Venne a conoscere, che l'immagine formata dall'azione della luce sopra una lamina o piastra metallica coperta dall'ioduro d'argento è quasi invisibile, ma che apparisce nella sua pienezza, appena la si espone ai vapori emanati dal mercurio.

Nella pubblica adunanza dell'accademia delle scienze in Parigi, ch'ebbe luogo nel giorno 7 gennaio 1839, Arago lesse una *memoria* intorno alla grande scoperta di Niepce e di Daguerre. Il 14 agosto dello stesso anno Arago rese di pubblica ragione i processi degl'inventori al tutto ignoti.

Descrizione del processo fotografico di Daguerre. — Nel processo di Daguerre, cioè nella *Daguerrotipia* o *Fotografia sul metallo*, le immagini si formano sulla superficie di una piastra di rame coperta d'argento. Si espone questa piastra ai vapori ch' emanano spontanei dall' iodio, il quale combinandosi coll'argento, va a formare sulla superficie della piastra un sottilissimo strato d'ioduro d'argento, il quale è molto sensibile a'raggi luminosi. Si colloca la piastra iodurata al fôco della lente della camera oscura. e dopo qualche ora resta segnata l'immagine dell'oggetto sulla placca stessa. La luce, abbiam detto, ha la facoltà di decomporre l'ioduro d'argento; solamente le parti della piastra molto rischiarate subiscono questa decomposizione, mentre quelle che sono in ombra restano intatte.

Ritirata dalla camera oscura la piastra coperta d'ioduro d'argento decomposto dalla luce, non presenta ancora alcuna traccia visibile dell'immagine. La si pone allora entro una cassettina ben chiusa, nel fondo della quale trovasi una data quantità di mercurio riscaldato quanto basta perchè abbia ad evaporare, e possa esercitare così la sua influenza sopra la placca metallica facendo comparire l'immagine. E diffati, i vapori vanno a condensarsi soltanto sulle parti influenzate dalla luce, vale a dire, sopra quei punti dello strato dell'ioduro che furono decomposti. Una lucida vernice di mercurio indica i lumi dell'immagine, e le ombre risultano in quei punti della piastra che rimasero coperti dall'ioduro, su' quali i vapori dal mercurio non poterono esercitare alcuna influenza. Ora non resta che liberare la piastra dall'ioduro d'argento che trovasi ancora aderente alla medesima, perchè questo sale si annerirebbe sotto l'azione della luce, e per conseguenza sparirebbe il disegno.

Per evitare questo inconveniente, e distruggere l'ioduro d'argento, che non fu a contatto colla luce nella camera oscura, basterà immergere la lamina in una soluzione d'ipposolfito di

soda, avendo appunto questo la proprietà di sciogliere l'ioduro d'argento.

Perfezionamenti successivi della scoperta di Niepce e Daguerre. — Nel processo da noi or ora descritto, occorreva per ottenere una prova, lasciare esposta la piastra almeno un quarto d'ora ad una luce vivissima. Queste prove avevano l'incoveniente di riflettere la luce come uno specchio, a cagione della lucidezza del metallo; non si potevano riprodurre gli oggetti animati; il tôno del disegno non riesciva armonioso; non si avea che i soli contorni delle masse verdi degli alberi; finalmente l'immagine potea svanire a poco a poco, anzi cancellarsi del tutto in conseguenza della lenta volatilizzazione del mercurio. La maggior parte di questi difetti risultano da una troppo lunga esposizione della piastra alla luce.

La prima modificazione del processo inventato da Niepce venne fatta alla camera oscura. Carlo Chevalier applicando un doppio obbiettivo acromatico, potè concentrare una maggior quantità di luce sulla piastra, e ridurre in tal modo la durata dell'esposizione alla luce, appena due o tre minuti. Con questo mezzo il campo di vista veniva aggrandito, e potevasi a volontà variare le distanze focali delle lenti.

Nel 1841 il chimico francese Claudet che si occupava nell'arte della *Daguerrotipia*, venne a scoprire, che il cloruro d'iodio applicato sopra la piastra metallica, precedentemente *iodata*, aumentava di molto la impressionabilità della piastra medesima.

Il bromo, il bromuro di iodio, l'acido cloridico, son tutte *sostanze acceleratrici* ancor più possenti, e scoperte posteriormente. Coll'acido cloridico sonosi ottenuti delle bellissime prove istantanee in mezzo minuto secondo.

La scoperta delle sostanze acceleratrici permise l'eseguimento de'ritratti. Per lo innanzi mentre la persona era obbligata a rimanere esposta a lungo dinnanzi ad una pienissima luce, non si ottenevano che de'ritratti imperfettissimi e rappresentanti fisonomie alterate, e contraffatte.

Restava ancora un altro perfezionamento da aggiungersi al metodo di Daguerre. Le immagini lucicavano come uno specchio a riverbero; inoltre il disegno dell'oggetto non era bene tratteggiato, essendocchè risultava dal contrasto delle tinte

del mercurio e dell' ioduro d' argento, e finalmente il tocco più leggiero con qualsiasi corpo estraneo bastava per cancellare l' immagine. Tutti quest' inconvenienti spariscono ad un tratto per la importantissima scoperta dovuta al chimico Fizeau, quella cioè della *fissazione* dell' immagine. Se versasi sopra la prova una soluzione di cloruro d'oro, misto coll' iposolfito di soda, e se si riscalda un poco la piastra, essa ricopresi di una sottilissima foglia metallica d' oro. Fatto ciò l' ioduro d'argento non lucica più, perchè viene un po' appanato dallo strato d'oro che vi si è sovrapposto, i punti neri o le ombre sono più vigorose, e il mercurio che costituisce i tratti bianchi od i lumi amalgamandosi, ed assimilandosi coll'oro fa loro acquistare più forza, per cui anche il disegno ed i contorni divengono più netti, e più precisi. Finalmente l' immagine può a mezzo della *fissazione* resistere a qualunque strofinamento, perchè il mercurio che forma il disegno che si trova sulla piastra in istato di globetti microscopici poco aderenti, rimane in tal modo coperto da una sottilissima laminetta d' oro che aderisce fortemente alla piastra.

Processo attuale per ottenere una prova fotografica sul metallo. — Per riassumere quanto abbiam detto, faremo conoscere in poche parole i mezzi che s' impiegano al presente per ottenere una prova fotografica sul metallo, vale a dire una prova *daguerrotipica* propriamente detta.

La lamina di *plaquè* d' argento, precedentemente polita con molta cura, viene esposta alla evaporazione dell' iodio per provocare la formazione di un sottilissimo strato di ioduro d' argento; indi si assoggetta all' azione de' vapori di bromo, di cloruro d' iodio, o di altre sostanze acceleratrici. Fatto ciò, si colloca la lamina nella camera oscura e la si espone alla luce dopo di che la si sovrappone a' vapori del mercurio per far comparire l' immagine. Lavasi quindi la prova colla soluzione d' iposolfito di soda per levare l' ioduro d' argento non decomposto dal mercurio, e finalmente si *fissa* la prova col cloruro d' oro.

Prove fotografiche sulla carta. — La fotografia sopra le piastre metalliche ha il grandissimo difetto che ciascuna operazione non fornisce che un tipo *unico*. Gl' inconvenienti secondarii sono il lucido metallico simile a quello degli specchi

al quale si ripara bensì, ma debolmente collo strato del cloruro d'oro, come abbiam detto poc'anzi, e inoltre, siccome il disegno trovasi là *a fior* di superficie, nè può esser assorbito dalla piastra metallica, così non può avere l'adesione necessaria per resistere a lungo, e conservarsi inalterato.

La fotografia sulla carta apportò il complemento più brillante alla scoperta di cui ci occupiamo, perchè va esente da que' difetti, e da quegli sconci che sono inevitabili nella dagherrotipia. La fotografia sulla carta presenta intanto il prinpale e l'essenzialissimo vantaggio, che ottenuta un'immagine. puossi con questa avere un gran numero di riproduzioni. Secondariamente in questo genere di fotografie, l'immagine non si arresta alla superficie, ma penetra nello spessore della carta attesa la porosità della medesima, per cui il disegno può resistere e durare a lungo.

La fotografia sulla carta, questa modificazione tanto necessaria nel processo Niepce e Daguerre venne trovata nell'anno 1839 da un amatore inglese, per nome Fox Talbot. Ma la conoscenza e la diffusione di questo nuovo metodo non ebbe luogo in Europa, che nell'anno 1845.

Teoria e pratica delle operazioni fotografiche sulla carta. — Prima di far conoscere il processo pratico della fotografia sopra la carta, daremo un'idea generale dell'operazione.

Se espongonsi a'raggi solari i sali d'argento, che sono affatto privi di colore, anneriscono e si decompongono. Se dunque si colloca al fôco dell'obiettiva di una camera oscura un pezzo di carta pregna di cloruro o di ioduro d'argento, le parti dell'immagine molto illuminate anneriscono lo strato del sale d'argento con cui è spalmata la superficie della carta, mentre che le parti oscure od in ombra non lo alterano minimamente. In tal modo si ottiene un disegno, nel quale le parti chiare compariscono oscure, ossia i lumi si veggono in ombra, e le ombre si veggono in chiaro. Questa appellasi immagine o prova *negativa*, la quale è opposta al vero. Si ponga ora sopra questa immagine un pezzo di carta pregna di un sale d'argento, e si esponga al sole; le parti bianche del disegno lascieranno passare i raggi luminosi, e le parti nere li arresteranno. Resterà adunque impressa sopra la carta posta a contatto colla prova *negativa*, una prova *positiva*, la quale presenterà i lumi e le ombre naturali.

Passiamo tosto al processo pratico. Per ottenere la prova *negativa* nella camera oscura, si ritrae l'immagine sopra una carta spalmata d'ioduro d'argento, mescolato con un po' di acido acetico, poscia esponesi al fôco della lente nella camera oscura. In mezzo minuto circa, l'azione della luce produce di già il suo effetto chimico.

Tuttavia quando si ritira il foglio di carta dalla camera oscura, non vedesi ancora l'immagine, e per farla comparire, s'immerge la prova in una soluzione di acido gallico, che forma un sale *nero* detto *gallato d'argento*, in tutt'i punti dove si è formato dell'ossido di argento libero, vale a dire in tutte le parti che furono illuminate. Levasi l'eccesso del sale di argento non influenzato dalla luce, lavando la prova in una soluzione d'ipposolfito di soda, e ottiensi in tal modo la prova *negativa.* — Ponendo successivamente questa prova sopra un foglio di carta inzuppato di cloruro d'argento, ed esponendola al sole, oppure ad una luce intensa per un qualche tempo, il quale secondo le circostanze varia, e può essere da una mezz'ora, fino anche a quattro ore, ottiensi l'immagine *positiva*, che occorre lavare per lo stesso motivo coll'ipposolfito di soda. Con una sola prova negativa, si può tirare un gran numero di prove positive.

Fotografia sopra il vetro, e impiego del collodio. — La ineguaglianza della superficie della carta, la quale per lo più non è affatto liscia, nè priva di scabrosità, impedisce di sovente l'ottenimento di belle prove co' contorni netti e precisi. La scoperta della fotografia sopra il vetro ha rimediato a questa imperfezione, permettendo di ottenere de' disegni esatti e perfetti. Il celebre chimico francese *Niepce de Saint-Victor* scoperse questo bell'artifizio, il quale consiste nell'ottenere l'immagine di un oggetto qualunque sulla superficie di un pezzo di vetro o di cristallo spalmato di una materia trasparente, come sarebbe a dire l'*albumina*. Ottiensi in tal modo una superficie perfettamente piana e liscia, quasi eguale a quella della placca metallica del *Daguerre*, sopra la quale resta impresso un disegno fotografico in prova *negativa*, i cui contorni riescono netti e precisi. Con questa prova negativa sopra il vetro (*clichè*) si può tirare un numero considerevole di prove positive sopra la carta.

Ecco le operazioni pratiche che si devono eseguire per ottenere una prova negativa sul vetro a mezzo della fotografia.

Preso un pezzo di cristallo o di vetro, vi si versa sopra un sottilissimo strato di albumina liquida, la quale non è altro che il bianco dell'uovo, diluito ed allungato coll'acqua, entro cui si fa sciogliere una picciola quantità di ioduro di *potassio.* Diseccato che sia questo strato, rimane sulla superficie del vetro un intonaco liscio e trasparente. Quando si vuole operare, si rende sensibile l'albumina, immergendo la piastra di vetro in una soluzione di azotato d'argento con un po' di acido acetico. Formasi tosto per l'azione dell'ioduro di potassio sopra l'azotato d'argento, una certa quantità di ioduro d'argento, ed ecco l'agente, fotografico, cioè a dire la materia suscettibile ad essere impressionata da' raggi luminosi.

Il pezzo di cristallo così preparato, si colloca nella camera dov'egli riceve l'azione della luce, che deve formare l'immagine *negativa.* Levata dalla camera oscura la prova negativa, si sottopone alle medesime operazioni che servono a far comparire, e a fissare le prove positive sulla carta, vale a dire, si assoggetta all'acido gallico per far comparire l'immagine, e a quella dell'ipposolfito di soda per fissarla. Ottenuta questa prova negativa sul vetro serve come abbiam detto a tirare successivamente le prove positive sulla carta.

Da ciò si può conoscere, che il vetro non viene adoperato che per ottenere delle prove *negative,* destinate a servire di tipo per le positive, che si tirano sempre sopra la carta. Abbiamo voluto ricordare questa circostanza, perchè le parole: *fotografia sopra il vetro,* potrebbero indurre qualcuno in errore facendogli supporre, che si tirassero sul vetro anche le prove positive.

Fino dall'anno 1851 venne sostituita all'albumina, per applicare l'intonaco al vetro una nuova materia, detta *collodio,* il quale non è altro, che una soluzione di cotone fulminante nell'alcool mescolato all'etere solforico. Il collodio rende immensamente sensibile, cioè impressionabile, l'ioduro d'argento sotto la influenza della luce. Mercè il collodio puossi ottenere una prova negativa in otto o dieci minuti secondi. Si possono eziandio ottenere delle immagini istantanee, come sarebbero gli oggetti in attualità di movimento, p. e. un convoglio di

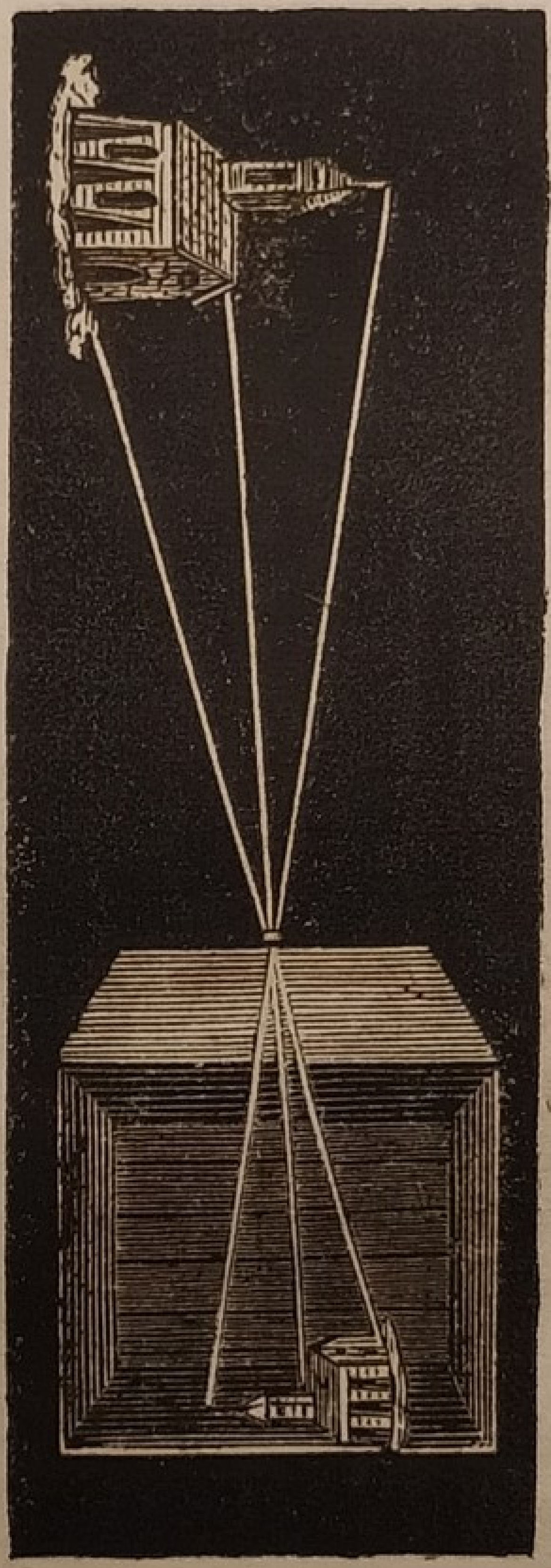


Fig. unica.

strada-ferrata in piena corsa, un cavallo di carriera, gli spumanti flutti del mare, una massa di nubi spinte dal vento, e simili.

I fotografi al giorno d'oggi usano generalmente il collodio per preparare i vetri destinati per le prove negative, e specialmente quelli che si dedicarono ai ritratti, i quali si ottengono in pochi minuti secondi, e quindi non istancandosi la persona, riescono somiglianti e perfetti.

La fotografia sul vetro venne proposta, come abbiam detto, da Niepce di Saint-Victor nel 1847, nipote del celebre Niceforo Niepce inventore della fotografia. L'applicazione poi del collodio è dovuta ai chimici Archer, di Londra, e Le Gray, di Parigi.

CAPITOLO XXVI.

L'ETERIZZAZIONE.

Ecco una delle più curiose scoperte fatte dalla scienza a sollievo della umanità. Questa è la così detta *eterizzazione* a mezzo della quale si ottiene la temporaria soppressione del dolore fisico, del qual metodo *anestetico (senza sensibilità)* noi daremo in breve la descrizione.

Mezzi anestetici esperimentati presso gli antichi e presso i moderni. — L'idea di sopprimere, o diminuire il dolore nelle operazioni chirurgiche è vecchia quanta la medicina; ma fino al secolo presente, il successo non aveva mai coronato alcuna fra le tante ricerche intraprese intorno a questo argomento, dopo specialmente il progresso dell'arte chirurgica. Il naturalista Plinio pretende, che il marmo del Cairo ridotto in polvere e applicato misto all'aceto, addormenti ossia faccia perdere la sensibilità alla parte che si deve amputare o cauterizzare. Dioscoride assicurava che il succo della pianta detta *Mandragola*, era impiegato da' chirurghi del suo tempo, per sopprimere il dolore di una operazione, quando si trattava di amputare o di cauterizzare un qualche membro del corpo. Ma però non abbiamo alcun documento che ci provi essersi usati questi rimedii presso gli antichi.

Beveraggi narcotici usati nel medio evo. — È certo,

che nel medio evo si conosceva la maniera di preparare delle bevande narcotiche, le quali assopivano i sensi, e faceano perdere affatto la sensibilità. In tal modo i condannati alla tortura poteano qualche volta sottrarsi a crudelissimi tormenti, se riuscivano ad ottenere qualcuna di tali bevande da' custodi carcerarii. Ma questi mezzi anestetici non erano conosciuti che dal personale delle prigioni, e non entrarono mai per quanto ci consta, nella pratica della chirurgia.

Esperimenti fatti ne' tempi moderni per sopprimere il dolore nelle operazioni chirurgiche. — Dall'epoca del risorgimento della chirurgia, vale a dire verso la metà del secolo XVI, si fecero molte esperienze per trovare il mezzo di abolire i dolori fisici. Si esperimentò l'oppio, ma l'uso di questa sostanza quasi venefica è assai pericoloso perchè può cagionare delle congestioni cerebrali; una forte compressione sulla parte addolorata, ma questa aggiunge un nuovo dolore a quello che si vorrebbe soffocare o diminuire; l'applicazione del ghiaccio il quale non produce mai una insensibilità completa; l'ubbriachezza alcoolica, che provoca l'imbecillità e la stupidezza, senza procurare l'insensibilità fisica. Tutti questi mezzi però non produssero mai gli effetti desiderati.

Fino all'anno 1846 la scienza medico-chirurgica era stata impotente a vincere il dolore; essa proclamava rassegnandosi che l'evitare il dolore nelle operazioni chirurgiche era una chimera, cui non si poteva tener dietro. Tuttavia questa chimera si realizzò, e si potè finalmente sorridere sotto il ferro dell'operatore.

Humphry Davy scopre le proprietà esilaranti, e stupificanti del protossido di azoto. — Nel 1798 il giovane Humphry Davy entrò come chimico apprendista nella officina pneumatica istituita appositamente dal dottore Beddoës a Clifton, per sotto orre ad un'analisi, e ad uno studio terapeutico i nuovi gas, che la nascente scienza chimica aveva scoperti di recente. Per un mero accidente, il primo gas, che venne esaminato fu il protossido di azoto, che si trovò dotato di alcune proprietà fisiologiche, veramente straordinarie. Davy ebbe ad asserire, che il protossido di azoto produce nelle persone che lo respirano un grande eccitamento, ebbrezza e piacere. Essendocchè la sensibilità e le facoltà intellettuali si

esaltano al più alto grado, e persino l'anima si trova estranea alle cause esterne, ne avviene, che gli organi dell'individuo assoggettati all'influenza di questo gas divengono insensibili al dolor fisico. Nella *memoria* pubblicata dal chimico Davy intorno a questo argomento, trovasi questo passo importantissimo: « Il protossido di azoto sembrerebbe godere fra le altre » proprietà, quella di sopprimere affatto il dolore di un indi» viduo, per cui si potrebbe forse impiegare con vantaggio » nelle operazioni chirurgiche, nelle quali non avvenga una » grande effusione di sangue. »

L'esperienze del Davy furono ripetute in molte altre città dell'Inghilterra, e subito dopo in Francia ed in Germania. Esse non diedero tutte i medesimi risultamenti; gli effetti del gas variavano secondo la complessione dell'individuo, ed anche secondo la minore o maggiore purezza del gas adoperato.

Le inspirazioni dell'etere impiegato come mezzo anestetico. — I felici risultamenti fisiologici col protossido di azoto, diedero l'idea di tentare la inspirazione dell'etere solforico, siccome estremamente volatile. Non si saprebbe veramente stabilire il momento in cui si cominciò ad usare l'etere solforico, invece del protossido di azoto; ma si sa bene che tanto in Inghilterra, quanto in Francia verso il 1815, alcuni medici fecero respirare ai loro ammalati per alcune affezioni l'etere solforico in una boccetta a due becchi. L'azione dell'etere è più pronta, perchè più potente di quella del protossido di azoto, e quindi può esser anche pericolosa, per non dire nociva. Il medico inglese Faraday ricorda in una *memoria* intorno agli effetti dell'etere solforico, che un gentiluomo di Londra, assoggettato all'influenza de' vapori dell'etere cadde in un tal letargo, che durò 30 ore, e corse rischio di non risvegliarsi mai più.

Orazio Wels esperimenta le inspirazioni del protossido di azoto, come agente anestetico — Nell'anno 1844 un dentista di Hartford in America, esperimentò il primo a far respirare il protossido di azoto, qual mezzo di sopprimere la sensibilità. Respirò dapprima egli stesso questo gas, e facendosi strappare un dente mascellare fortissimo e sano, non sentì il minimo dolore. Assicurato della proprietà *anestetica*, di questa sostanza, eseguì molte estrazioni di denti con feli-

cissimo successo, e cogli applausi e ringraziamenti delle persone da esso operate.

Orazio Wels si recò a Boston per ripetere pubblicamente in un ospitale le sue esperienze. Quando i suoi allievi furono raccolti, Wels fece respirare il gas all'individuo cui dovea estrarre il dente guasto. Ma o che il gas fosse impuro, o che l'individuo fosse dotato di una tal complessione da respingere l'influenza dell'agente chimico, si mise a gridare orribilmente sotto i colpi della tanaglia. Gli allievi di Wels non tardarono a fischiare senz'alcun riguardo lo sfortunato operatore, che si ritirò pieno di confusione.

Orazio Wels mortificato per tale smacco, partì sul momento per Hartfort. Dopo una lunga malattia prodotta dalla bile, e dal dispiacere di aver fallito, abbandonò affatto il sistema che avea intrapreso con tanta fiducia, e terminò i suoi giorni miseramente con un suicidio. Nell'anno 1847, quando il metodo anestetico tornava in voga, ed invadeva i due mondi col rumore de' suoi trionfi, Wels si diede la morte, non potendo sopravvivere all'intenso dispiacere ch'egli provava di non aver potuto perfezionare la sua scoperta, della quale gli altri raccoglievano gli allori.

Iackson, e Morton fanno i primi esperimenti dell'etere come agente anestetico. — Carlo Iakson dottore in medicina, chimico e geologo distinto, fece sopra sè stesso nel 1842 delle esperienze che lo persuasero, che la inspirazione de' vapori dell'etere solforico non offriva alcun pericolo, e che l'ebbrezza eterea, produceva bensì la insensibilità generale del corpo umano, ma però non era nociva minimamente alla salute. Assicurato adunque, che si avrebbe potuto operare un ammalato assoggettandolo dapprima all'influenza dell'etere solforico, senza che sentisse alcun dolore, ma non avendo però il coraggio di fare egli stesso per la prima volta questa esperienza, pregò un dentista di Boston per nome William Morton, di far questo saggio alla prima occasione di estrarre un dente, e nel giorno 1 settembre 1846, William Morton fece l'esperimento sopra un abitante di Boston suo conoscente, il quale assopiti i sensi dalla inspirazione dell'etere, non solo non sentì alcun dolore all'atto della estrazione del dente, ma non se ne accorse nemmeno dell'eseguimento della operazione.

Morton ripetè molte volte questa importante esperienza, e sempre col medesimo successo. Da questo momento si poteva tentare di far uso dell' etere solforico, qual mezzo anestetico, anche in una operazione chirurgica. A tale oggetto, il dentista costrusse un apposito apparecchio per la inspirazione dell'etere, e pregò il dott. Waren, se fosse persuaso di fare un esperimento sopra qualche ammalato dell'ospitale di Boston. E così, il giorno 14 ottobre 1846, il dott. Waren, fatto inspirare l'etere ad un individuo che dovea essere operato, tolse a questo un gran tumore che avea alla regione del collo, senza che avesse a dare alcun indizio di dolore, e ripresi i sensi, essendo ricercato rispose, che non se n'era affatto accorto dell'eseguimento della operazione, come se fosse stata fatta sopra un altro individuo. A tale dichiarazione la sala chirurgica dell' ospitale echeggiò di vivissimi applausi a chi avea suggerito tale rimedio, e que' poveri sofferenti che fra poco doveano assogettarsi anch'essi a dolorosissime operazioni, furono colmati di gioia dall'esito felicissimo di quella prima esperienza, perchè così andavano scevri da que' crudeli tormenti fino allora inseparabili compagni di qualsiasi operazione chirurgica; e si accingevano a sostenerla col sorriso sul labbro, senza abbattimento morale. Da questo giorno l' umanità sofferente faceva un acquisto della più alta importanza.

L' eterizzazione in Europa. — Nella città di Londra si fece il primo esperimento di questo rimedio anestetico il giorno 19 dicembre 1846, ed in seguito venne usato in quasi tutte le operazioni chirurgiche con felicissimo successo.

In Francia fu il dott. Jobert, che prima di ogni altro chirurgo esperimentò l' azione anestetica dell'etere solforico, e in seguito poi i chirurghi Velpeau, Malgaigne, Roux e Laugier, ottennero felicissimi risultati nelle loro operazioni, da questo potente rimedio. Il 1 febbraio 1847 il dott. Velpeau comunicò la scoperta all'Accademia delle scienze in Parigi.

La fama degli straordinarii risultati ottenuti dalla inspirazione dell'etere solforico negli ospitali di Londra e di Parigi, non che nelle private famiglie, si divulgò prontamente per tutta Europa, e nell'anno 1847, il nuovo metodo anestetico era posto in pratica da per tutto.

Scoperta delle proprietà anestetiche del cloroformio. —

La scienza medica, ed i chirurghi francesi perfezionarono il metodo *anestetico*, costruendo de' nuovi apparecchi, meglio adatti a far inspirare i vapori dell'etere solforico; classificarono le operazioni chirurgiche, precisando quelle che richiedevano la *eterizzazione*, e quelle che non l'ammettevano; e finalmente fecero molte ricerche per trovare se vi fosse qualche altra sostanza o preparato chimico, che avesse le medesime proprietà dell'*etere solforico*, e del *protossido di azoto.*

Alcune altre specie di eteri, come sarebbe a dire, l'essenza di senapa, il creòsoto, la canfora, l'essenza di mandorle amare, l'essenza di lavanda ecc., inspirati che siano, esercitano un'azione anestetica, tanto sull'uomo quanto sugli animali. Ma la sostanza che diede risultati più positivi, fu il *cloroformio*, sostanza che riguardo alla sua composizione si avvicina all'etere solforico. Uno scienziato francese, il dott. Flourens fu il primo in Europa, a scoprire, ed a constatare le proprietà *anestetiche* del cloroformio.

Il 10 novembre 1847 il chir. dott. Simpson di Edimburgo, comunicò alla società medico-chirurgica di questa città una *memoria*, nella quale rendeva conto di un gran numero di osservazioni, e anche di esperienze fatte sopra gli animali, le quali lo aveano indotto a ritenere il cloroformio, il primo e il principale agente anestetico in confronto di qualsiasi altra sostanza, essendocchè bastava la inspirazione di un solo minuto per provocare l'assopimento de' sensi, e l'assoluta insensibilità.

Oggidì il *cloroformio* è quasi il solo preparato che si usa generalmente negli ospitali, qual mezzo *anestetico*; la prontezza straordinaria de' suoi effetti indusse quasi tutt'i chirurghi operatori a sostituirlo all'etere solforico.

Maniera di amministrare il cloroformio, o l'etere per sopprimere il dolore nelle operazioni chirurgiche. — Quando si amministra l'etere solforico, l'ammalato respira i vapori di questo liquido a mezzo di un tubo che comunica con un recipiente, nel quale è riposta una spugna inzuppata nell'etere. L'ammalato respira in tal modo dell'aria, che s'impregna di una certa quantità di etere, passando pel tubo. Introdotto l'etere ne' polmoni, trovasi immediatamente a contatto col sangue, perchè attraversa con tutta facilità il tenuissimo spessore delle vene capillari, che innumerevoli

percorrono le fibre di quest' organo, ed essendo l'etere assorbito dal sangue non indugia a produrre sul sistema sanguigno l'azione anestetica della quale è fornito.

Per l'amministrazione del *cloroformio* non occorre alcun apparecchio, essendochè l' azione anestetica è più rapida, e più potente. Il chirurgo si contenta di bagnare col cloroformio una picciola spugna, od un pezzo di tela, e di avvicinarla al naso dell'ammalato. In due minuti ed anche meno l'azione si manifesta, e l'ammalato cade nella insensibilità.

Fenomeni dell'anestesia generale. — Quando si sottomette un uomo sano alla inspirazione dell' etere o del cloroformio, si manifestano i seguenti fenomeni:

Assorbito l' uno o l' altro di questi due agenti anestetici dalle sottilissime ramificazioni vascolari del polmone, il calore generale del corpo si acccresce, la faccia arrossisce, l' occhio brilla, ma la vista si offusca.

Il riso od il pianto, alcune parole incoerenti, de' gesti disordinati, annunziano l'esaltamento e la perturbazione delle facoltà intellettuali. Da questo momento l' ammalato non ha più coscienza del mondo esteriore, egli sogna. Ma ben presto a questo stato di esaltamento succede un torpore generale, l' annientamento. La faccia impallidisce, si chiudono gli occhi, e i battiti del cuore rallentansi. Questo è il vero indizio in cui la insensibilità è completa, e allora si può intraprendere l' operazione chirurgica con sicurezza, e senza timore che il paziente abbia a sentire il minimo dolore. Lo stato di torpore può durare da' sette ad otto minuti. Trascorso questo periodo il paziente si sveglia tranquillo, conservando la reminiscenza de' sogni strani che invasero la sua mente durante il sonno artificiale.

L'insensibilità nella quale è immerso l'individuo eterizzato è assoluta; amputate pure qualunque membro, asportate tumori, trapanate il cranio, segate le ossa, ma il paziente resterà immobile, e la sua faccia non presenterà il minimo indizio di dolore. Egli non vede, non ode, non sente, è un morto-vivo!

Interrogati alcuni individui intorno ai sogni e alle visioni durante il loro assopimento, essi risposero primieramente che il breve periodo de' pochi minuti in cui si addormentarono,

sembrò loro di lunga durata, per la rapida e la svariata successione delle visioni che invasero la loro mente. Dissero, che sembrava loro di volare per l' aria fra il cielo e la terra, in istato di un' estasi piacevole e deliziosa. Dai particolari racconti di altre persone eterizzate, si venne a conoscere, che i loro sogni quantunque stravagantissimi, erano in rapporto alla loro età, alle loro abitudini, alle loro credenze. Alcuni ebbero visioni le più gaie, le più piacevoli; altri le più tristi, le più tormentose. Qualcuno svegliandosi si lagnava di trovarsi ancora su questa terra, perchè fino allora avea provato le delizie del paradiso, ed all' opposto qualche altro si rallegrava nel vedersi ancora a questo mondo, perchè gli sembrava di essere precipitato nell' abisso infernale.

Utilità del metodo anestetico. — La soppressione del dolore nelle operazioni chirurgiche ci rende utilissimi servigi. Egli è già conosciuto, che il dolore cagionato da un' operazione, ed anche la sola apprensione e l' abbattimento morale del paziente cagionano le più gravi conseguenze, e persino qualche volta la morte. Sopprimendo il dolore, l' anestesia impedisce appunto la sopravvenienza di tali funestissimi inconvenienti.

È ormai provato, che dal momento in cui venne introdotto negli ospitali l' uso di eterizzare gl' individui, che doveano assoggettarsi ad una grande operazione chirurgica, diminuì notabilmente la mortalità degli operati; che le conseguenze delle operazioni riescono meno gravi, e finalmente che la guarigione si ottiene più presto.

Non dobbiamo per altro ommettere di ricordare, che un qualche pericolo può esservi nell' amministrazione del cloroformio. Ma questo pericolo è incalcolabile, perchè sopra un migliaio d' individui eterizzati, due o tre al più soccombettero all' azione anestetica. Tuttavia questi fatti quantunque rarissimi, sono da prendersi in considerazione, e non devesi per conseguenza usare i mezzi anestetici che nelle gravi operazioni, ma però puossi conchiudere, che la *eterizzazione* è una delle più belle scoperte de' nostri giorni, e che quindi è da annoverarsi fra i maggiori benefizi apportati dalla scienza all' umanità sofferente.

CAPITOLO XXVII.

IL DRENAGGIO OD ASCIUGAMENTO.

Definizione. — La voce *drenaggio* (*drainage*), deriva dal verbo inglese *to drain* che significa *asciugare, scaricare* l'acqua a mezzo di tubi o condotti sotterranei. Lo scopo di tale operazione agricola è quello, di dare uno scolo regolare alle acque stagnanti che inzuppano i terreni produttivi, senza però asciugarli completamente, vale a dire disseccarli. L'acqua che rimane stagnante tanto sulla superficie del suolo, quanto al dissotto cioè frammezzo agli strati inferiori, nuoce moltissimo alla vegetazione, ed allo sviluppo delle piante e degli alberi. Il drenaggio adunque facendo scaricare quest'acqua morta, deve al certo produrre un utilissimo acconciamento del terreno.

Riporteremo un passo dell'avvocato Martinelli di Bordeaux, che trovasi in una *Memoria* intorno al *Drenaggio*, col quale egli spiega in un modo semplicissimo lo scopo e l'utilità di questo nuovo trovato: « Prendete un vaso da fiori, dice Martinelli. e perchè questo picciolo buco nel fondo, io vi domando? Perchè quel forellino rappresenta una rivoluzione agricola, che si opera entro il vaso. Esso permette la rinnovazione dell'acqua, a misura ch'egli la scarica. E perchè rinnovar l'acqua? Perchè essa è cagione di vita o di morte per la pianta che si trova nel vaso. È ministra di vita

» quando essa filtrando liberamente attraverso lo strato di
» terra, lascia fra quelli i principii fecondanti di cui è pregna
» e scioglie gli elementi terrosi proprii a nutrire la pianta;
» mentre fa morire il vegetabile, se a lungo soggiorna nel
» vaso, facendo marcire le radici, ed impedendo la infiltra-
» zione dell'acqua nuova, che si versasse sulla superficie della
» terra contenuta nel vaso. »

L'operazione del drenaggio fa l'uffizio del foro del vaso da fiori, che viene rappresentato da' tubi di terra cotta che si collocano sotterra ad una certa profondità, i quali comunicano fra loro ed immettono ne' fossi che vengono cavati di tratto in tratto per ricevere l'acqua superflua de' terreni. L'acqua poi s'introduce ne' tubi per le commettiture ch'esistono fra un tubo e l'altro, e si scarica seguendo il pendio che si dà espressamente a' tubi stessi.

Benefici effetti del drenaggio. — Un drenaggio bene eseguito fa scaricare subito dopo la pioggia l'acqua superflua, ed il livello delle acque stagnanti si abbassa. Inoltre, un terreno nel quale siasi introdotto il drenaggio, si mantiene più morbido e più fresco nell'estate, e non va soggetto a screpolature. Le acque infiltrandosi rapidamente portano seco i principii nutritivi del letame, invece che trascinarli altrove, e scaricarli ne' fossi. Le terre umide, nelle quali siasi attivato il drenaggio, possono lavorarsi in qualsiasi stagione. Si abbrevia il tempo della maturazione delle biade. All'intorno delle radici si rinnova continuamente l'aria e l'acqua, che sono i principii più necessari all'alimentazione de' vegetabili. E diffatti l'acqua che viene assorbita dal terreno, e che a poco a poco passa ne' tubi, viene immediatamente sostituita dall'aria, e questa dall'acqua nuova alla prima pioggia, e così di seguito. Finalmente in alcune località dove fu attivato il *drenaggio*, sparirono le febbri intermittenti endemiche. Da tutto ciò che abbiam detto possiamo conoscere, quali e quanti vantaggi procuri questa operazione agricola, la cui scoperta è un vero benefizio per l'agricoltura, e anche per l'umanità.

Riassunto istorico. — Presso i romani il primo autore che scrisse intorno ai canaletti o rigagnoli sotterranei fu Columella, celebre agronomo, che visse nell'anno 42 dell'êra cristiana, il quale pubblicò un trattato in *dodici libri* intito-

lato: *De re rustica.* « Se il terreno è troppo umido, scrive
» Columella, converrà cavare de' fossi per asciugarlo, e far
» iscaricare le acque. Nei canaletti sotterranei si faranno delle
» buche quadrate della profondità di tre piedi, che si riem-
» piranno di picciole pietre, o di ghiaia, e si coprirà il tutto
» con terra cavata dal fosso. »

Palladio agronomo che vivea al tempo di Columella, lasciò anch'egli una descrizione de' fossi o canaletti setterranei. Il drenaggio praticato col sistema de' fossi coperti contenenti de' materiali permeabili è un'invenzione tutt'altro che moderna.

Olivier di Serres, che in Francia lo chiamano il padre dell'agricoltura francese, il quale pubblicò nel 1600 un'opera intitolata: *Teatro dell'agricoltura*, va più innanzi di Columella. Egli dà una completa descrizione del drenaggio, presso a poco come quello che si usa a' nostri giorni, e ne raccomanda espressamente l'uso.

Il capitano Walter Bligh in Inghilterra riprodusse i principii esposti da Olivier de Serres, e i suoi compatriotti vollero accordargli l'onore di aver il primo avuta l'idea de' canaletti sotterranei. Un altro inglese Elkington, gran pratico agronomo, e perseverante negli esperimenti, trovò anch'esso un metodo di drenaggio, che poco differisce da quello di Olivier de Serres. Il metodo *Elkington* consiste nell'impiego simultaneo de' fossi coperti, e de' pozzi.

Ma la invenzione più importante dee ripetersi dall'Inghilterra, ed è la sostituzione delle tegole dapprima, e poscia de' tubi, ai materiali che si impiegavano anticamente per riempiere il fondo de' fossi. La introduzione poi, e l'impiego di alcuni istromenti per cavare le fosse, le macchine proprie per fabbricare i tubi di terra, la prontezza e la picciola spesa che s'incontra, eseguendo le singole operazioni a mezzo delle macchine, resero più facile l'applicazione del *drenaggio*, e per conseguenza più generale. Oggidì, se si andasse a frugare, in qualsiasi punto del suolo inglese, s'incontrerebbero tubi sotterranei appartenenti al drenaggio.

Il Belgio fu il primo, che introdusse sul continente in Europa il *drenaggio*, perfezionato in Inghilterra secondo il metodo *Elkington.*

In Francia alcuni proprietarii istruiti nell'agricoltura, fra'

quali il marchese di Bryas, fecero lodevoli sforzi per popolarizzare il *drenaggio*, e mercè la loro premura, il concorso delle società scientifiche, e l'appoggio dello stesso governo, speriamo che ben presto non avremo più nulla ad invidiare, nè all'Inghilterra, nè al Belgio riguardo a questa operazione agricola, i cui vantaggi sono incalcolabili per l'accrescimento del valore delle terre poste a coltura.

Terreni che richieggono il drenaggio. — I terreni ai quali si può applicare il *drenaggio* con una qualche utilità, sono le *terre fredde*, e le *terre forti*. Le prime hanno uno strato subito dopo la superficie, affatto *impermeabile*, le seconde son quelle in cui predomina l'elemento *argilloso*.

Le *terre fredde* si trovano alla medesima condizione di quella poca riposta in un vaso, il cui fondo non fosse perforato. Il loro stato costantemente umido è sfavorevolissimo alla vegetazione. Le radici delle piante s'infracidiscono facilmente; ad ogni abbassamento di temperatura quel velo d'acqua che copre la superficie del suolo si gela con facilità, e attornia i gambi delle tenere pianticelle. Una evaporazione continua raffredda il suolo, e le pianticelle che furono risparmiate dal gelo, vegetano languidamente, si maturano più tardi, e nelle annate piovose si va a rischio di perdere tutt'i raccolti.

Le *terre forti*, o argillose, non lasciano così facilmente infiltrare la pioggia che cade sulla loro superficie, e d'altra parte la serbano troppo a lungo nella loro porosità, quando ne sono impregnate. Il sole ed i venti le induriscono, e le rendono compatte in modo, che la vegetazione resta sospesa. Le pioggie accidentali solcano la loro superficie, e trascinano seco il concime lungo il pendio; le pioggie continue le inzuppano completamente, l'acqua viene trattenuta, per cui queste terre se ne risentono assai pel nocumento che loro apporta il gelo e la evaporazione, il che tutto si oppone alla coltivazione.

Concludiamo adunque, che i terreni ne'quali soggiorna l'acqua o a fior di terra, ovvero ad una picciola profondità, richiede il soccorso del *drenaggio*.

Segni esterni del bisogno di drenaggio. — Riportiamo volentieri il passo di un trattato intorno al *drenaggio* dell'agronomo francese Barral: Da per tutto, dove qualche ora dopo

ch'è caduta la pioggia, si scorge che dessa rimane fra i solchi; da per tutto, dove la terra è forte o grassa, e ch'ella si attacca alle scarpe, o che l'impronta che lascia il piede dell'uomo o le zampe de' quadrupedi conserva l'acqua nella sua cavità come se fosse un bacino; da per tutto, dove il sole forma una corteccia sulla superficie del suolo alquanto dura e screpolata la quale rinserra le radici delle piante come in un astuccio; da per tutto, dove si veggono delle depressioni di terreno molto più umide delle parti elevate, tre o quattro giorni dopo la pioggia; da per tutto, dove formandosi un buco nel terreno con un bastone alla profondità di 40 o 50 centimetri comparisca indi a poco in fondo del medesimo una picciola quantità d'acqua stagnante, puossi definitivamente stabilire, che il *drenaggio* apporterà de' sommi vantaggi.

Anche l'aspetto della vegetazione è un grand'indizio della necessità del *drenaggio*. Le buone piante crescono a mala voglia nelle terre di questa specie, e crescono invece spontanee le piante proprie delle paludi, che non si potrà mai arrivare a distruggere, ma che però attivando il *drenaggio*, non alligneranno più oltre. Tali sono la rasperella, la sanguinaria, la menta selvatica, l'ireos giallo, il giunco, la spatula fetida, il carico, che taglia la lingua agli animali, il piede di leone, erba venefica, il colchico autunnale, le cui foglie rassomigliano a quelle del porro, ed i fiori a quelli della ghianda unguentaria. Anche questa pianta è venefica, ma il bestiame ha l'istinto di non mangiarla. Si è osservato, che in un pascolo umido, vi sono due qualità di erbe che il bestiame mangia volentieri, e sono la tribola odorosa, e il trifoglio comune.

Maniera di eseguire il drenaggio. — Noi daremo ora una breve descrizione delle varie operazioni che occorrono per attivare il drenaggio.

Scandaglio. — Si comincia col praticare degli scandagli per conoscere la qualità dello strato del terreno che trovasi immediatamente sotto la superficie del suolo, la di lui consistenza, il suo grado di permeabilità, finalmente lo spessore degli altri strati di terra, e com'essi sono sovrapposti gli uni agli altri. Per iscandagliare, si scavano de' piccioli fossi alla profondità di met. 1. 50 o met. 1. 80 in diversi punti di quella tale estensione in cui si vuole applicare il *drenaggio*.

Questa operazione preliminare permette di conoscere le difficoltà più o meno grandi che s'incontreranno nello scavare i canaletti sotterranei, e di determinare approssimativamente le spese del lavoro.

Tracciamento. — Compiute queste indagini preliminari, si spiana la superficie del terreno, onde poter conoscere il livello, e collocare senza ingannarsi i tubi sotterranei nella direzione de' maggiori declivii per agevolare lo scolo dell'acqua. E siccome il peso specifico dell'acqua determina lo scaricamento della medesima entro i tubi, così la inclinazione dei medesimi deve favorirne la uscita.

Una rete di drenaggio si compone di molti canaletti coperti di diverse grandezze, i più piccioli di questi fossi o canaletti, si chiamano *piccioli draini;* quelli che ricevono immediatamente le acque da' piccioli *draini*, si chiamano *collettori del primo ordine;* quelli che ricevono l'acqua da questi, diconsi *collettori di secondo ordine*, e così di seguito.

I piccioli canali devono essere scavati possibilmente in linea retta, e seguendo la direzione del pendio del terreno; la livellazione farà conoscere i punti per dove si dovranno condurre i rami de' canali principali. Questi si scavano da' 4 a' 5 centimetri più bassi dei canaletti da'quali ricevono le acque, e devono unirsi con essi ad angolo acuto. Questa unione si effettua a mezzo di un'apertura circolare praticata nel più grande, nella quale s'introduce il più piccolo. Ogni canale deve tracciarsi in linea retta, perchè l'acqua possa scorrere liberamente e senz'alcun ostacolo. L'estremità inferiore de'draini maggiori, laddove cioè sboccano nei ruscelli, o canali di scarica, deve essere munita di una grata di ferro, perchè non abbiano ad introdursi alghe, rami d'albero od altro, che potesse otturare gli sbocchi.

La *Fig.* 1, rappresenta il fondo di un campo in cui venne attivato il *drenaggio.* I piccoli draini sboccano ne'draini maggiori D E, E B, ed A B che comunicano in E, ed in B col canale di scarica, che porta l'acqua al di fuori.

Scavamento e profondità de' canali. — Per cavare i draini si adopera la zappa, la vanga, e la pala per levare l'acqua a mano a mano che si raccoglie. Convien dare ai canaletti una tale profondità, che levata tutta l'acqua da essi, possano ri-

chiamare l'acqua stagnante che trovasi superiormente, e restino in tal modo libere le radici delle piante. Questa profondità può essere, fra i 90 centimetri e met. 1. 60. Quanto più profondi sono i draini, tanto più devono essere larghi, acciocchè gli operai possano muoversi liberamente nell'eseguire il lavoro. Riguardo al prolungamento de' draini questo varia secondo la natura del suolo.

Confezione de' canaletti sotterranei. — Nei primi esperimenti di *drenaggio*, si collocavano sul fondo de' canali scavati, de' piuoli di legno incrocicchiati a cavaletto, sopra i quali si ponevano delle fascine di sottili rami d'albero, o di spini che venivano poi coperti di terra. Ma tal lavoro era di poca durata, come già si potea prevedere, perchè in breve tempo s'infracidiva tutto l'apparecchio. Venne adunque sostituito a' piuoli di legno uno strato dello spessore da' 30 a' 40 centimetri, di piccioli pezzi di macigno, i quali essendo informi, nè potendo combinarsi l'uno con l'altro, lasciano fra loro degl'interstizii, pe' quali s'introduce l'acqua, e quindi può scaricarsi al di fuori, passando da' canali minori ai maggiori. Lo strato delle pietruzze, viene poscia coperto di zolle di terra. Alle volte anche si collocano sul fondo de' canaletti de' macigni quadrilunghi spianati, posti inclinati l'uno contro l'altro, come può vedersi dalla *Fig.* 2, la quale rappresenta lo spaccato di un canaletto sotterraneo.

Il canaletto è formato come appunto si vede alla *Fig.* 2, avente sul fondo i macigni piatti posti in modo da lasciare sotto di essi un'apertura triangolare, e questi macigni sono protetti da uno strato di scaglie di pietra o piccioli sassi. Questa seconda maniera di costruire i condotti d'acqua sotterranei, è certo da preferirsi alla prima, ma è necessario tagliare le fosse più larghe, il lavoro esige più tempo, ed è più dispendioso. Una volta però che siensi costruiti in tal modo i canaletti sotterranei, possono durare qualche secolo. Si potrebbero anche sostituire ai macigni le pietre cotte, i mattoni, ma ancora la spesa sarebbe considerevole.

Da qualche anno però venne trovata una nuova maniera di costruire i condotti sotterranei per iscaricare l'acqua de' terreni, e questa si fu l'applicazione di tubi di terra cotta, i quali combinano la durata coll'economia.

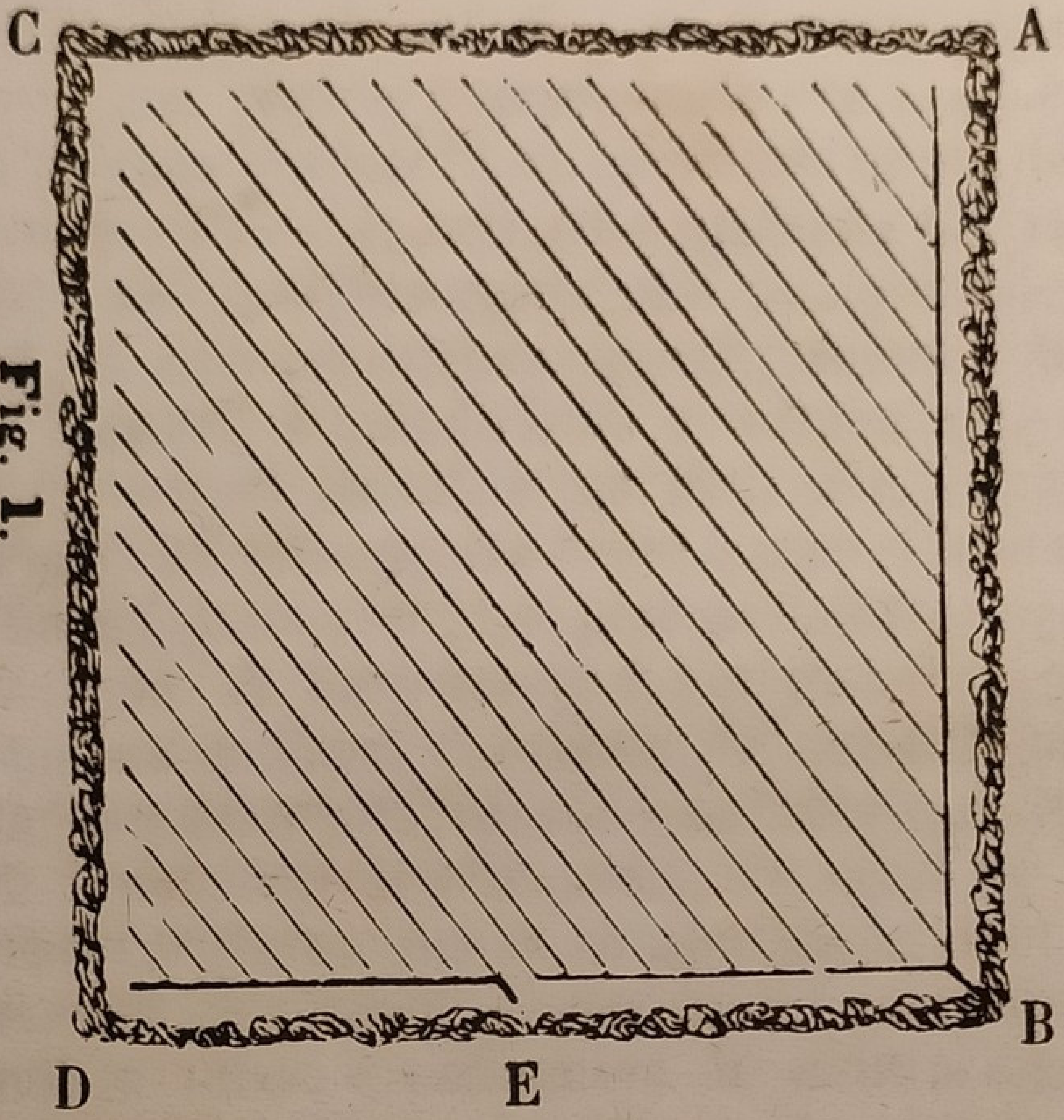


Fig. 1.

Fig. 2.

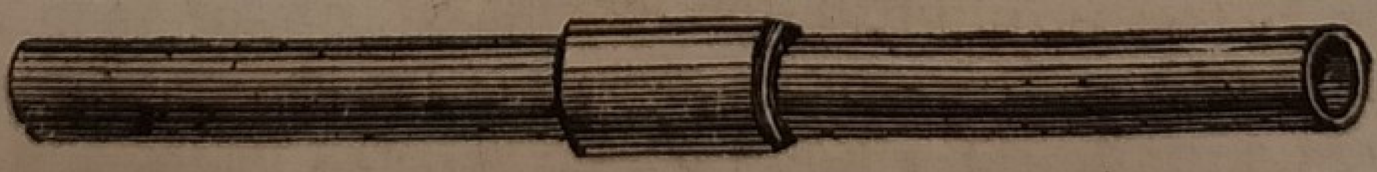


Fig. 3.

Tubi di terra cotta. — Questi tubi sono di forma cilindrica; la loro lunghezza varia da' 30 a' 40 centimetri, il loro diametro è da' 2 a' 3 centimetri. I vantaggi che offre la forma circolare di questi tubi sono innumerevoli ed importanti. Questa forma permette di ottenere con una determinata quantità di materia, una grande estensione di scolo, ed è atta ad opporre la minima resistenza al corso dell'acqua. Inoltre resiste più che ogni altra agli urti, ed a qualsiasi pressione esterna, in maniera che lo spessore de' tubi più piccioli può ridursi anche ad un solo centimetro. In tal maniera i tubi cilindrici riescono leggieri, e quindi facili a trasportarsi, occupano un picciolo spazio sul fondo de' canaletti, difficilmente si ostruiscono, e ciò che più importa costano poco. Finalmente se sono di una buona pasta, ridotti a perfetta cottura, e posti in opera diligentemente, la loro durata è per così dire, senza limite. Dessi vengono collocati sul fondo de' canaletti un dopo l'altro, e le loro estremità vengono imboccate in un manicotto o collare egualmente di terra cotta, che serve per tenerli uniti a dovere; e costituire così la continuità del tubo sotterraneo. Il diametro del collare dev'esser tale da lasciare entrare liberamente il tubo, e permettere la infiltrazione dell'acqua. L'acqua poi s'introduce ne' tubi per l'interstizio, che resta al punto di unione di un tubo con l'altro. Il collocamento, cioè la posizione in opera de' tubi, dev'essere eseguita da un pratico operaio, perchè l'esito del drenaggio dipende in gran parte da questa operazione.

Macchine per fabbricare i tubi. — Se non si fosse trovato il modo di costruire i tubi a macchina, sarebbe stato difficile la diffusione generale del *drenaggio*. In Inghilterra furono costruite le prime macchine per la confezione de' tubi. Il principio comune di queste macchine consiste nel far avanzare uno stantuffo entro un cilindro di ferro ch'è ripieno di argilla.

La faccia del cilindro opposto allo stantuffo è munita di una trafila. La creta compressa dallo stantuffo passa attraverso la trafila prendendo la forma del tubo. Appena usciti dal cilindro, i tubi si collocano sopra un tavolato, e prima che si asciughino vengono subito tagliati della lunghezza che occorre, a mezzo di un filo di rame. Quelle macchine che lavorano doppiamente, vale a dire che spingono due stantuffi entro due cilindri contemporaneamente possono dare *dodici mila* tubi al giorno.

CAPITOLO XXVIII.

LO STEREOSCOPIO

Considerazioni preliminari. — Gli oggetti esterni formano nell'interno del nostro occhio un'immagine simile a quella che si osserva nella camera oscura; ma i nostri due occhi non sono collocati in un medesimo punto rispettivamente all'oggetto da noi osservato, per cui riceviamo due impressioni distinte una dall'altra, cioè due immagini di un solo oggetto, le quali poi fondendosi insieme per così dire, ci presentano l'oggetto in rilievo come esiste in natura. Tale fenomeno è molto curioso, e proviene da cause diverse. Dall'educazione degli occhi, da un'abitudine presa dall'infanzia, da uno sforzo senza dubbio reale, ma del quale non ne abbiamo coscienza, e che combinando fra loro, o fondendo le due immagini diverse una dall'altra, vedute da ciascuno de' nostri occhi, ne forma una sola, simile all'oggetto osservato, vale a dire presentano il rilievo ch'esiste in natura, come or ora abbiam detto.

Questo rilievo però sparisce, quando si guardano oggetti molto lontani. Il nostro giudizio diviene allora incerto ed anche fallace. E perchè ciò? Perchè la distanza che vi è fra un occhio e l'altro è tanto picciola relativamente alla distanza in cui è situato l'oggetto, che le due immagini non presentano più alcuna differenza, si dipingono all'istante sopra le due nostre retine, e non producono più la sensazione del rilievo.

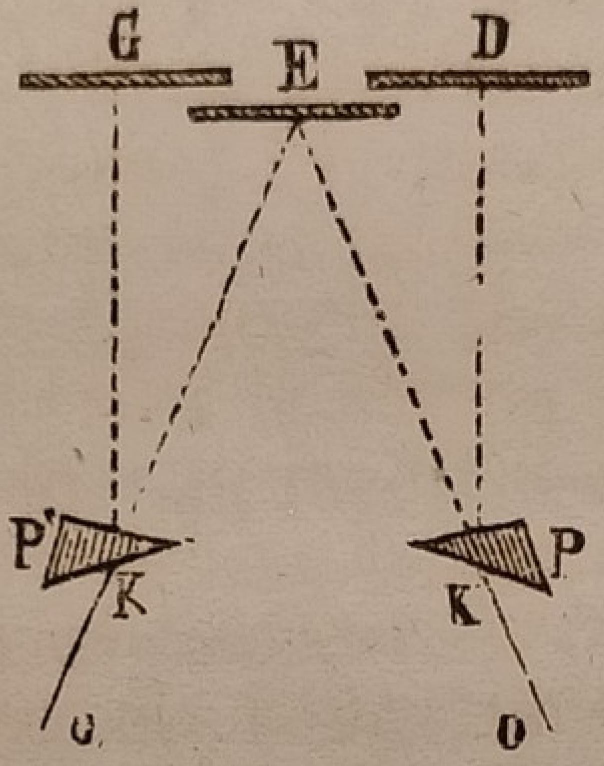


Fig. 1.

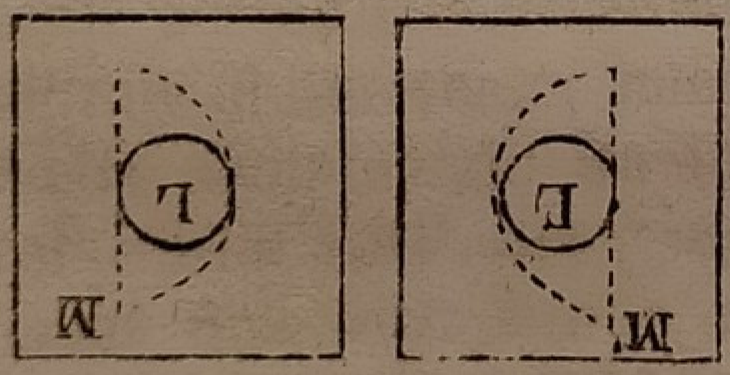


Fig. 2.

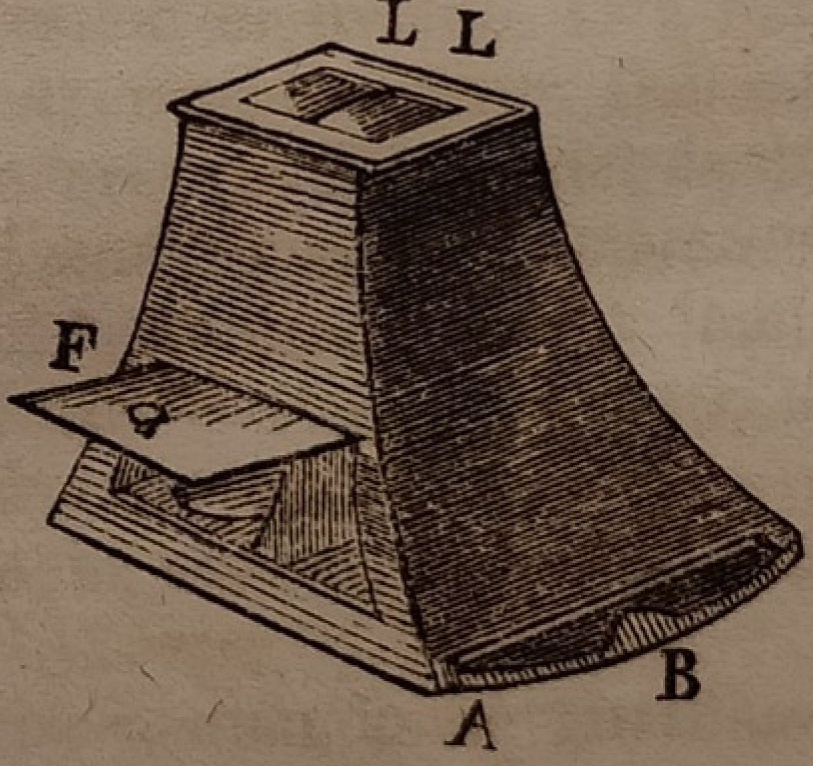


Fig. 3.

Così la sensazione del rilievo di un corpo qualunque osservato con ambidue gli occhi, risulta dalla combinazione che fa la nostra intelligenza delle due immagini diverse di questo corpo, l'una dipinta sulla retina dell'occhio destro, l'altra sulla retina dell'occhio sinistro.

Si fece a questa proposizione una grave obbiezione in apparenza, dicendo, che i *monocoli* dalla nascita veggono con un sol occhio egualmente ciascun oggetto in rilievo, distinguono le distanze e gli effetti della prospettiva, presso a poco come quelli che hanno ambidue gli occhi. Ma conviene osservare, e tener conto in questi casi particolari, che quando un individuo privo di un occhio guarda un oggetto molto lontano, il di lui sguardo cangia direzione, la di lui testa gira ora a dritta ora a sinistra, per cui si vede che il monocolo procura per proprio istinto di trovare il vero punto di vista, come per supplire alle mancanze dell'altro occhio. Questo movimento della testa del *monocolo* dev'essere molto rapido, dice l'abbate Moigno, perchè è necessario che la seconda immagine si formi avanti che scomparisca la prima, acciocchè dalla esistenza simultanea delle due immagini diverse, risulti la percezione del rilievo.

Storia. — Euclide e Galieno conoscevano già questo fatto, che l'unione di due immagini distinte sopra le due retine dell'occhio, danno la sensazione del rilievo. Porta, distinto fisico italiano, Gassendi, e più recentemente Harris, ed il dott. Smith, avevano delle idee abbastanza precise, intorno al soggetto che ci occupa. Il celebre fisico di Nancy, Haldat, che si è molto occupato negli studii ottici, e ne' fenomeni della vista, fu il primo ad esperimentare gli effetti della vista simultanea di due oggetti di forme, e di colori diversi. Questo fisico non avea a fare che un solo passo per costruire lo *stereoscopio*, ma si lasciò precedere e sopraffare da Wheatstone illustre fisico inglese, (dal greco *stereos* — solido, e *scopeomai* — osservare).

Stereoscopio a specchi. — Il 25 giugno 1838 lo *stereoscopio a specchi*, veniva presentato da Wheatstone alla società reale di Londra. In questo stromento si produceva l'effetto del rilievo facendo coincidere due immagini presso a poco eguali a mezzo della loro scambievole riflessione sopra degli

specchi piani convenientemente disposti. Lo stereoscopio di Wheatstone era ormai posto in obblio, quando David Brewster costruì il suo. Un primo modello di questo istromento venne fabbricato sotto gli occhi del suo inventore a Dundèe in Iscozia; ma gli ottici di Londra e di Birmingham non si curarono di propagarlo. Forse questo picciolo apparecchio sarebbe affatto caduto in dimenticanza, se il giovane fisico scozzese non avesse fatto un viaggio a Parigi nel 1850.

L'abbate Moigno sorpreso de' piacevoli effetti dello stereoscopio di Davide Brewster lo pregò di confidare la costruzione ad un abile ottico di Parigi per nome Giulio Dubosq. L'ora del successo era suonata. Lo stereoscopio si propagò in Francia colla rapidità del lampo; esso divenne popolare in Francia, un anno prima che in Inghilterra. Dopo l'esposizione universale di Londra nel 1851, furono venduti più di *cinquecentomila* stereoscopii di *Brewster*.

Stereoscopio per rifrazione o stereoscopio di Brewster. Teoria e descrizione dello stromento. — Suppongasi che le due lettere G e D (vedi *fig.* 1), rappresentino due immagini presso a poco simili di un medesimo oggetto, e che queste siano vedute, l'una dall'occhio diritto, l'altra dall'occhio sinistro. Consideriamo i due punti D e G di queste immagini e collochiamo due prismi di vetro trasparenti P, P', sulla linea tracciata da' raggi luminosi che partono dalle due immagini. Questi raggi attraversando i due prismi si rifrangono, ed arrivano agli occhi dell'osservatore, seguendo la direzione KO, e K'O'. Ma allora sembra vederli partire da un punto unico E, ch'è appunto il sito dell'intersecazione delle due linee OK ed O'K'; di maniera che, se l'angolo de' due prismi, e la loro distanza dalle immagini D e G sono bene determinate, le due immagini s'incontrano e si riuniscono nel punto E, e ci danno la sensazione del rilievo.

Per rispondere a questa condizione i due prismi devono essere rigorosamente eguali, e deviare i raggi nella medesima quantità. Davide Brewster risolse questo problema, ed in ciò consiste la sua invenzione, o perfezionamento dello stereoscopio. Egli ha sostituito a' due prismi le due metà M, M', di una lente biconvessa, (vedi *fig.* 2), dalle quali si tagliano due nuove lenti L, L', circolari, che si applicano alla estremità de' due tubi.

La *fig.* 3 rappresenta lo stereoscopio di Brewster. Questa è una piccola cassettina formata a tronco di piramide, la quale ha un'apertura in uno de' lati maggiori, che si chiude a mezzo di una porticina mobile F, e che internamente è coperta di una foglia di stagno per riflettere la luce. La parte inferiore che va ad essere la base del tronco di piramide è aperta, ed il lato A B, ha una picciola apertura per cui s' introduce la veduta. Alla parte superiore sono applicate le due lenti prismatiche L, L', le quali si possono avvicinare od allontanare dall' oggetto, per adattarle alla vista dell'osservatore, essendo infisse a due tubi mobili. Le lenti prismatiche, oltre far vedere gli oggetti *in rilievo*, hanno la proprietà d'ingrandirli. Questo è un nuovo vantaggio in confronto dello stereoscopio di Wheatstone.

Immagini stereoscopiche. — Le immagini stereoscopiche sono due vedute del medesimo oggetto, le quali differiscono pochissimo l' una dall' altra. Una di queste rappresenta l' oggetto come se l'osservatore lo guardasse coll'occhio dritto, e l' altra, come se lo guardasse coll' occhio sinistro. Collocate queste due immagini nell' apparecchio stereoscopico, esse per l' effetto delle due lenti si fondono in una sola, per cui sembrano *in rilievo* invece che disegnate semplicemente sulla carta.

La *Daguerrotipia* permette di produrre con tutta facilità due immagini di bassi-rilievi, di statue, di ritratti soddisfacendo a questa condizione. Per ottener ciò, si prendono successivamente a mezzo della camera oscura due immagini dell' oggetto scelto all' uopo, alla medesima distanza e sotto angoli eguali, colla differenza di qualche grado a dritta e a sinistra nella direzione orizzontale della camera oscura, perchè abbia a riescire fra le due immagini quella picciola differenza, riferibile alla posizione dell'occhio destro in confronto del sinistro.

Le immagini così ottenute riescono di un effetto mirabile, introdotte che sieno nello stereoscopio, ed hanno aperto un êra novella alle applicazioni della fotografia.

Come cosa analoga alla stereoscopia ricordiamo il nuovo istromento immaginato tre anni or sono dal distinto ottico Carlo Ponti, nativo di Milano, e domiciliato da qualche tempo a Venezia, cui diede il nome di Aletoscopio (vero-osservare) perchè con esso puossi vedere un oggetto qualunque disegnato sulla carta, in ri-

lievo e nella sua naturale grandezza, cioè al *vero*, come lo indica la stessa parola.

Il merito della invenzione, premiata colla grande medaglia d'oro dalla Commissione aggiudicatrice della seconda esposizione mondiale ch'ebbe luogo in Londra nel 1862, consiste nell'avere il Ponti potuto ottenere l'effetto del rilievo degli oggetti, da una sola veduta, con una sola lente, mentre nello stereoscopio occorrono due vedute e due lenti.

CAPITOLO XXIX.

LA GOMMA-ELASTICA.

Origine e proprietà della gomma-elastica. — La gomma-elastica è contenuta nel succo lattiginoso di molti vegetabili; trovasi sotto la forma di piccioli globetti sospesi in un liquido acquoso, come appunto i globetti grassi nel latte. Se lasciasi per qualche tempo in riposo questo succo lattiginoso i globetti di gomma vengono a galla, a quella stessa guisa, che la parte grassa del latte si porta alla superficie della massa liquida di cui fa parte. Ma nel latte, e nell'emulsioni prodotte dalle sostanze grasse, la materia che si raccoglie alla superficie della massa liquida è un corpo grasso, mentre che i globetti della gomma, sono tutt'altro che una materia grassa, e hanno una sostanza loro propria dotata di speciali ed utili qualità.

La gomma elastica, la quale mentre si trova nei vegetabili che la contengono è in istato liquido, una volta che sia separata da essi cangia subito consistenza, vale a dire, diviene densa e molle dapprima, indi sotto l'influenza dell'aria acquista il colore, l'apparenza e la consistenza del cuoio. Elastica alla temperatura ordinaria, s'indurisce quasi come il legno ad una temperatura di qualche grado sotto lo *zero*. Si rammollisce a 100 gradi F.t, senza però alterarsi; a 150 gradi sciogliesi in una materia viscosa, e raffreddandosi, non riprende più

la proprietà primitiva. Immerso nell'acqua un pezzo di gomma-elastica, e lasciatolo qualche tempo, s' imbianchisce, e diviene opaco come la porcellana. L'etere, il solfuro di carbonio, i carburi d'idrogeno liquido, e tutt' i corpi grassi, posti a contatto con questa sostanza, la sciolgono in parte, vale a dire imperfettamente. La gomma-elastica unita allo zolfo in una data proporzione forma un composto molto utile e interessante, intorno al quale noi parleremo in appresso.

Scoperta della gomma-elastica. — La gomma elastica era già conosciuta e usata da molto tempo nelle regioni tropicali del vecchio e del nuovo mondo; ma non venne conosciuta in Europa che verso il fine del secolo scorso. Il celebre viaggiatore e naturalisia *La Condamine* diede nell' anno 1751 la prima descrizione scientifica di questa sostanza, e l'ingegnere Fresneau scoprì nella Guyana francese l'albero che la produce

Alle Indie orientali, si ottiene la gomma-elastica dal fico elastico (*ficus elastica*), albero molto comune nel regno di Assam. Ne viene importata in gran quantità anche dall' isola di Iava, che si raccoglie dalle due piante: *Ficus radula*, e *Ficus prinoides*. Nel Brasile, e nella Guyana la gomma elastica si estrae dalla *Siphonia cahucha*. Quest' albero diede il nome alla gomma-elastica, di *Caouthchouc*. Questo prodotto del Brasile viene importato in Europa in una quantità dieci volte maggiore di quella che si ritira dalle Indie orientali.

Gl' indiani per procurarsi la gomma-elastica, ne' mesi di maggio e di settembre fanno di otto in otto giorni alcune incisioni longitudinali sulla corteccia del fusto dell' albero con un ferro tagliente. Il succo ch' esce da queste aperture viene raccolto entro a zucche vuote disseccate, od anche in grandi foglie formate a bacinella. Questo prodotto viene posto in commercio in grossi pezzi prismatici, che gl' indigeni ottengono versando il succo in alcuni piccoli solchi praticati nel suolo, entro i quali si coagula. Gl' indigeni costruiscono poi delle forme di argilla, le quali rappresentano delle masse piriformi, figure di animali, e piedi umani. Essi immergono queste forme più volte nella gomma ridotta alquanto liquida, e quando lo strato si fece un po' grosso, lo lasciano indurire, indi rompono la forma, e fanno uscire l'argilla interna per un' apertura, che lasciano appositamente al dissotto del corpo dell' animale, o sotto il tallone del piede umano.

Spesso avviene, che le masse piriformi di gomma-elastica, hanno i loro strati male uniti, o contengono anche delle impurità, come sarebbe a dire, della sabbia, della terra, de' minuzzoli di vegetabili, se gli stampi sono di legno, e sopratutto poi per opera fraudolente degli stessi indigeni, che preparano le masse della gomma-elastica. Egli è adunque necessario di purificare questa sostanza prima di servirsene. Per ottener ciò, si assoggetta all'azione di alcuni cilindri armati di denti, che girano un contro l'altro in senso inverso. Facendo scorrere fra questi cilindri un picciolo filo di acqua, le materie eterogenee che trovansi frammiste alla gomma, vengono schiacciate da' cilindri, e separate dalla gomma-elastica, ed i piccioli pezzi di questi, purificati che sieno, si riuniscono da per se stessi gli uni agli altri. La gomma-elastica resa molle costituisce una massa omogenea e compatta, che ottiensi sotto la forma di grossi pezzi rettangolari ponendola nelle forme, ed assoggettandola ad una forte pressione. Fatto ciò, si levano dalle forme i pezzi di gomma, e si tagliano in piccoli pezzetti bislunghi ad angoli retti, dello spessore di un centimetro, i quali vengono posti in commercio ad uso de' disegnatori.

Applicazione. — Nel 1820 in Inghilterra si potè ammollire la gomma elastica in maniera da poterla distendere sopra qualche tessuto di lana o di seta, per renderlo impermeabile, allo scopo di fare dei mantelli e dei soprabiti per la pioggia. L'inventore di quest'applicazione fu un certo *Makintosh* di Glascovia.

Per ottenere poi i fili di gomma-elastica da applicarsi ai tessuti elastici, si divide prima questa sostanza in sottilissime e strettissime strisce, a mezzo di macchine speciali. Assoggettando la gomma elastica ad una temperatura più elevata, si aumenta l'elasticità della medesima; indi si distendono queste picciole strisce, in modo che si riducono ad un filo dieci volte più lungo, ravvolgendole sopra un cilindro riscaldato internamente dal vapore. Poscia si sottomettono ad una temperatura bassa ed i fili di gomma perdendo la loro elasticità, permettono di essere introdotti fra lo spessore de' tessuti. Possono questi fili rivestirsi di seta o di cotone prima di passarli sul telaio di Iacquard per essere tessuti. Fino a qui la gomma elestica conserva la sua rigidezza. Per farle poi ri-

prendere la sua elasticità, basta riscaldarla a 60 o 70 gradi del termometro di Farenheit. Il tessuto conserva allora una elasticità permamente.

Gomma elastica vulcanizzata. — Vulcanizzare la gomma elastica vuol dire sottometterla all'azione dello zolfo. In varie maniere si può compiere questa operazione. Primieramente si può immergere i pezzi di gomma in un bagno solforoso, oppure impastarla con zolfo in polvere. Si rende solforata la gomma col cloruro e col bromuro di zolfo, o coll'iposolfuro di potassio. Ma qualunque sia il metodo usato, il punto essenziale si è quello di elevare la temperatura fino a' 140, o 150 gradi. Dopo la prima operazione, vale a dire, la solforazione semplice, il miscuglio conserva ancora tutte le proprietà della gomma elastica non ancora alterata, le quali sono: la proprietà d'indurirsi per un'abbassamento di temperatura, e di ammollirsi col calore; di attaccarsi ed unirsi a se medesima, quando il taglio delle sezioni è recente; di sciogliersi nell'etere, nell'olio di trementina, e simili. Ma dopo la seconda operazione, durante la quale la temperatura si eleva a 150 gradi, questa materia ha acquistato delle proprietà affatto nuove, che riescono preziose ed utilissime volendo servirsi di questa materia così preparata in diverse industrie. Essa non si scioglie più ne'liquidi che abbiamo citati dissopra, ma soltanto si gonfia al loro contatto; non può più unirsi con se medesima una volta che sia sezionata, e resiste poi senz'alterarsi ad una temperatura assai alta, che l'avesse cangiata in una specie di pece. Così pure un sensibile abbassamento di temperatura non le fa perdere mai più la sua elasticità. Il chimico francese Payen si è assicurato, che la gomma-elastica *vulcanizzata* non conserva che una centesima parte di zolfo.

La scoperta della *vulcanizzazione* della gomma-elastica, che fa perdere a questa materia i principali suoi inconvenienti, fece sì che in breve tempo l'uso di questa divenne generale. Da questo momento, le sue applicazioni si sono moltiplicate.

L'inventore veramente della *solforazione* della gomma fu un certo Goodyear di New-Haven degli Stati Uniti di America il quale nell'anno 1842 importò in Europa delle scarpe di gomma, la cui elasticità resisteva a' più gran freddi, e presenta-

vano le proprietà della gomma, che in seguito si chiamò *vulcanizzata*. Ma Goodyear non erasi curato di ottenere un privilegio per la sua scoperta, ed approfittava della medesima serbandone il secreto.

Ma un certo Haucok di Newington presso Londra, che si occupava da qualche tempo nelle medesime ricerche di Goodyear, trovò pure, che lo zolfo commisto alla gomma-elastica liquefatta, le facea cangiar natura, e tale operazione fu da esso intitolata *vulcanizzazione*, per la quale ottenne un privilegio esclusivo, ed il povero Goodyear si vide da un momento all'altro tolto di mano il suo segreto, e privato di quell'utilità che ritraeva dalle scarpe di gomma vulcanizzate. Tuttavia l'onore della scoperta deve appartenere senz'alcun dubbio all'americano Goodyear.

Le applicazioni della gomma elastica solforata o vulcanizzata sono innumerevoli; si fanno cuscinetti per certe macchine onde attutire le scosse; delle rotelle pe' cilindri delle macchine a vapore; valvole pe' diversi sistemi delle pompe, scarpe, guanti, correggie per sospendere i letti degli ammalati negli ospitali, cilindri o rulli per le tipografie e litografie, apparecchi ed utensili chirurgici, palle, palloncini da giuoco pe' fanciulli, teste di fantocci, figure di animali ecc.

Sforzando la vulcanizzazione della gomma-elastica, Goodyear creò un nuovo prodotto, duro come la pietra o l'avorio. A mano, a mano che si aumenta la proporzione dello zolfo, la massa gommosa perde la sua elasticità a poco a poco, finchè acquista una solidità quasi lapidea. Secondo adunque la proporzione dello zolfo, si può ottenere una materia che imita il corno di buffalo, la tartaruga, l'osso di balena, per cui Goodyear fece de' manichi di coltello scolpiti, de' pettini, de' cannocchiali da teatro, degli stromenti musicali, de' calci di archibugio con bassi-rilievi, e tanti altri oggetti, che lo compensarono della perdita che soffrì per qualche tempo, a cagione del privilegio ottenuto dal suo competitore Haucok.

Prima di chiudere il presente *Capitolo*, vogliamo indicare in qual modo si possa rendere *impermeabile* qualsiasi stoffa di seta, di lana o di cotone a mezzo di questa sostanza. Onde ottenere la impenetrabilità di una stoffa, si distende sulla superficie della medesima un sottilissimo strato di gomma resa

molle e pastosa, a mezzo del solfuro di carbone, l'essenza di trementina, o l'olio del carbon fossile rettificato. Qualche volta si unisce a queste sostanze un po' d'alcool, o di etere solforico. Lo strato della gomma si distende sulla stoffa con una riga, o regolo orizzontale, e si lascia disseccare; indi si sovrappone un secondo strato, e così di seguito secondo lo spessore che si vuole ottenere. L'ultimo strato, prima che si asciughi, si copre con un altro pezzo di stoffa, per cui gli strati di gomma restano in mezzo, e difesi da una parte e dall'altra dalla medesima stoffa. Si possono eziandio ottenere delle stoffe impermeabili, ponendo una sottile laminetta di gomma bene riscaldata, fra due tessuti, facendola passare fra lo strettoio. Con tali stoffe, si confezionano i mantelli ed i soprabiti per la pioggia.

CAPITOLO XXX.

LA GUTTA PERCA.

Origine e proprietà della gutta-perca. — La gutta-perca è un succo vegetabile, il quale presso a poco ha le qualità ed i caratteri della gomma-elastica, e si ottiene dall'albero detto *isonandra gutta*. Questa pianta cresce fino a' 20 metri di altezza, ed è assai fronzuta; se ne trova in gran copia nell'Oceania, e quasi tutta la gutta perca che viene introdotta in Europa procede dal porto di Singapore. Gl'indigeni dell'Oceania non raccolgono il succo di quest'albero, mediante incisioni fatte sul tronco, ma invece tagliano l'albero per estrarre tutto il succo che contiene, il quale d'ordinario è di 18 chilogrammi. L'*isonandra gutta* scomparve per qualche anno ne' contorni di Singapore, perchè que' popoli semi-barbari, per avidità di lucro, abbatterono circa 3000 piante in pochi giorni. A Bornèo, ed a Sumatra si mescola il succo di gutta-perca, col succo di altre essenze analoghe.

Il succo dell'*isonandra* sarebbe eguale a quello dell'albero da cui si ottiene la gomma elastica, se non fosse frammisto ad un pò di resina. Differisce poi sopratutto dalla gomma elastica riguardo alla sua consistenza, che ad una temperatura ordinaria è analoga a quella del cuoio. La gutta-perca invece mantiene la sua flessibilità fino a *dieci gradi* sotto lo zero.

Assoggettandola ad un calore di 25 a 48 gradi, si ammollisce e diviene pastosa, come pure se si esponesse al sole nella stagione estiva. A 60 gradi essa è ancor più molle, e diviene plastica in modo da potervi dare qualsiasi forma. Puossi ridurre in laminette sottilissime, tirare de' fili più o meno grossi a piacere, e riprodurre a mezzo della pressione i più minuti rilievi degli stampi. A 120 gradi si liquefa, ma può riprendere la sua naturale consistenza lasciandola raffreddare. Combinata collo zolfo, cioè *vulcanizzata*, s'indurisce come la pietra, e non si altera minimamente assoggettandola all'azione del calore.

La gutta-perca viene posta in commercio e si riceve in Europa in pezzi di forma conica, di un color bruno o biancastro, del peso da *uno* a *quattro* chilogrammi. Siccome poi gl'indigeni frammischiano alla massa della gutta-perca, prima di ridurla in pezzi, de' pezzetti di pietra, e della terra, onde accrescerne il volume ed il peso, e ricavare in tal modo un maggiore profitto ingannando i compratori, così è necessario purificarla, usando lo stesso metodo che già abbiamo indicato per la purificazione della gomma elastica.

Applicazioni diverse della gutta-perca. — Essendo la gutta-perca una materia tenace, leggiera, inalterabile agli agenti chimici, difficile a consumarsi, atta a prendere qualsiasi forma quando essa è rammollita, e suscettibile a prendere un tal grado di consistenza fra il cuoio ed il legno, conservando un po' di elasticità, era ben certo, che tale sostanza si prestasse nell'industria manifatturiera ad innumerevoli applicazioni.

La gutta-perca venne sostituita a quelle correggie di cuoio che fanno girare le ruote delle macchine. Si utilizzò più felicemente nella confezione delle valvole, e delle armature o fodere degli stantuffi delle pompe per l'acqua. Si sostituisce alla pelle di vitello anche nella confezione delle scarpe, e con maggiore vantaggio. Delle suole intiere di gutta-perca costano assai meno di quelle di cuoio, resistono all'attrito e si accomodano molto facilmente, applicando a mezzo della cucitura un pezzo della medesima sostanza sopra la parte che fosse logorata a cagione di un lungo servizio. Questo genere di

calzatura è anche igienico, perchè i piedi sono preservati dall'umidità, e mantengono sempre il loro calore naturale (*).

Stesa la gutta-perca in laminette sopra i muri salsi, impedisce a questi di tramandare la nociva loro umidità. Applicandola alle pareti interne de'recipienti di rame che servono per misurare il vino, la birra, e simili, presta il medesimo uffizio della stagnatura. Così pure possono foderarsi internamente le tine di legno per conservare più a lungo l'acqua, e così pure si fanno tubi di gutta-perca per trasmettere i liquidi da un recipiente all'altro. Bacinelle, bicchieri, calamai, le quali cose non si rompono mai, si possono confezionare con questa materia.

Nell'ultimo viaggio polare intrapreso dal navigatore inglese Giovanni Franklin, si servì di un battello di gutta-perca, perchè questo può scorrere in mezzo al ghiaccio senza restare offeso, mentre le barche di legno vengono spezzate. La gutta-perca resiste anche all'azione dell'acqua salsa. La sua inalterabilità, posta che sia a contatto degli acidi, e degli alcali, rende questa sostanza preziosa nel laboratorio del chimico, e nelle officine manifatturiere. In Inghilterra vi sono delle fabbriche, nelle quali si conserva l'acido cloridico in grandi recipienti foderati di gutta-perca. Si fa scorrere questo acido entro a tubi, s'innalza a mezzo di pompe, e si trasporta in recipienti diversi, le quali cose, sono tutte costruite di gutta-perca.

A questa preziosa materia devesi, come abbiam detto al Capitolo XVIII, il perfezionamento ed il buon mercato delle prove galvano-plastiche. Se si applica un pezzo di gutta-perca riscaldata ed ammollita, sopra un basso rilievo o medaglia che si volesse riprodurre, questa sostanza penetra ne'più minuti intagli del modello, dal quale staccandosi con diligenza mentre

(*) Si potrebbe osservare a questo proposito, che le calzature di *gutta-perca* poste immediatamente a contatto col piede, e non già come *sopra scarpe*, difendono bensì dall'umidità esterna e dal freddo, ma hanno però l'inconveniente, ch'essendo appunto impermeabili, non assorbono l'umidità interna, il che potrebbe nuocere a coloro che ne facessero un uso abituale, e per conseguenza le scarpe di *gutta-perca*, non possono dirsi assolutamente *igieniche*, come vorrebbe il Figuier.

è ancora calda, facendosi divenire poscia compatta col mezzo del raffreddamento, dessa conserva l'impronta che ha ricevuto. Copresi allora questo stampo di piombaggine, per assoggettarlo alla operazione della galvano-plastica.

Assoggettando ad una forte pressione entro degli stampi una tal quantità di gutta-perca rammollita, si ottiene qualsiasi oggetto si voglia, come sarebbe a dire, statuette, porta-orologi, cestelle, bacinelle, ed altro, di somma perfezione, e che si possono usare impunemente, senza che si rompano mai. La gutta-perca gode anche la proprietà della trasmissione del suono, per cui si fanno dei piccioli corni acustici, che si adattano all'orecchio dei sordi, e de' lunghi tubi, detti *porta-voce*, che si applicano ne' grandi stabilimenti o fabbriche per parlare da un piano all'altro, ed anche a bordo de' bastimenti.

Fra le recenti applicazioni della gutta-perca, è da annoverarsi quella riferibile alla telegrafia elettrica sotto-marina. La gutta-perca gode la doppia proprietà, che manca alla gomma elastica, quella cioè di essere un perfetto isolante del fluido elettrico, e di resistere all'azione corrosiva dell'acqua salsa o marina; il che fece determinare di servirsi nella confezione delle gomene telegrafiche sotto-marine, per cui puossi conchiudere, che la gutta-perca fu quella sostanza, che servì alla realizzazione pratica della telegrafia elettrica sotto-marina, la quale devesi considerare fra i più importanti avvenimenti sociali dei tempi moderni, ed annoverarsi fra le più grandi scoperte del secolo XIX.

CAPITOLO XXXI.

LA LITOGRAFIA.

La Litografia come lo indica il significato della parola derivante dal greco idioma, costituita dalle due voci *letos-pietra*, e *grafomai-scrivere*, è l'arte di scrivere colla penna, o di tracciare un disegno sulla pietra, allo scopo di trasportare lo scritto o il disegno sulla carta, e ottenerne un indeterminato numero di copie, assoggettando la pietra medesima colla carta sovrapposta, alla pressione di un torchio a mano, come suolsi fare, per tirare le copie dei disegni incisi col bulino sulle piastre di rame, o scolpiti sulle tavolette di legno.

La litografia pei grandi e innumerevoli vantaggi che apportò all'industria, al commercio, e anche alla privata economia devesi certamente annoverare fra le grandi scoperte dell'umano ingegno, per cui crediamo opportuno riferire alcuni particolari intorno alla origine, e allo scopritore di quest'arte novella.

Storia. — Luigi Senefelder fu lo scopritore della litografia. Nacque a Praga nel 1771 da un artista drammatico. Erasi dapprima iniziato negli studii legali, ma poscia sull'esempio forse del padre, si determinò di seguire la di lui carriera, e nel 1791, di anni 20 si aggregò ad una compagnia comica, ma sfortunatamente il suo esordire fu male accolto dal pubblico. Sde-

gnatosi pel suo infelice successo, tentò se poteva avere una sorte migliore come autore drammatico, per cui diè tosto mano alla composizione di due drammi, i quali furono rappresentati a Monaco nell'anno 1793. Ma l'esito di questi fu egualmente infelice essendo stati disapprovati con segni non equivoci dagli spettatori. La doppia sconfitta sulle scene teatrali del povero giovane Senefelder, e come attore, e come autore, lo trasse a considerare che l'arte drammatica non era certamente la sua vocazione, e ch'erasi posto fuori di strada, per lo che si risolse di abbandonare del tutto la intrapresa carriera.

Siccome poi egli si occupava fino da'suoi primi anni giovanili a copiare pezzi musicali, e conosceva qualche poco l'arte del disegno, così s'immaginò di provare ad incidere sulle piastre di rame all'acqua forte i pezzi musicali, per tirarne varie copie sulla carta, e per trarne un maggiore profitto, invece di scriverli egli medesimo direttamente colla penna, come faceva per lo innanzi.

Riuscendogli troppo faticoso, e anche troppo costoso il servirsi delle piastre metalliche, s'immaginò di eseguire la incisione sopra una certa qualità di pietra calcare, la quale usavasi molto in Baviera per fare i pavimenti delle stanze, e che per la propria natura poteva prestarsi facilmente a ricevere le incisioni del bulino, o di qualsiasi punta metallica. Tale esperienza fu conforme al desiderio del giovane artista, essendochè le copie de'pezzi musicali tirate sulla carta riescirono esatte e perfette, del pari che quelle ottenute dalle piastre di rame.

Un giorno poi, mentre stava intento a pulire una pietra, sua madre lo sollecitava a scrivere la polizza del bucato, perchè era giunta la lavandaia, ed avea premura di partire, ma non avendo in quel punto alle mani un pezzo di carta, per non perdere il tempo a cercarla, scrisse intanto la polizza sulla medesima pietra che aveva ormai finito di pulire, servendosi dello stesso inchiostro che adoperava per tirare le copie della musica, il quale era composto in dosi proporzionali di *nerofumo*, *cera* e *sapone*.

Il giorno dopo, nel momento in cui voleva trascrivere la lista del bucato sopra un foglio di carta, per aver libera la pietra, dovendosene servire, prima di cancellare quello scritto, gli venne l'idea di provare, che cosa avvenisse di quei carat-

teri scritti con quell'inchiostro passandovi sopra una preparazione di acqua forte, ed esperimentare nello stesso tempo se fosse possibile, di umettare col solito inchiostro i caratteri stessi, ormai aderenti ed immedesimati nella porosità della pietra, e tirare delle copie sulla carta mercè la consueta pressione del torchio.

Eseguito sull'istante quanto avea immaginato, Senefelder ottenne la copia della polizza sopra un pezzo di carta, bensì imperfettamente, ma in modo sufficiente a persuaderlo, che dopo qualche altra esperienza più accurata, la cosa sarebbe riuscita.

E diffatti cominciò a scrivere colla penna la musica sulla pietra, invece che inciderla col bulino, e ottenne le copie perfette, come quelle tratte dalla incisione, ed ecco l'origine, e le prime traccie della litografia, ch'ebbe luogo nell'anno 1793.

Dopo aver lottato tre anni colla miseria, e perchè i suoi lavori aveano poco smercio, e perchè avea pochissime commissioni, il povero giovane artista nell'anno 1796 si trasferì a Monaco, e si determinò di proporre l'associazione dell'arte sua ad un certo Gleissner direttore della musica di Corte, il quale per compassione annuì volonteroso alla proposta, e così potè Senefelder, soccorso dal Gleissner aprire una litografia musicale nella città di Monaco in detto anno. Il benemerito mecenate condusse l'artista nelle principali città di Europa per farlo conoscere e poscia ritornarono a Monaco, continuando i lavori litografici in società.

La perseveranza del giovane litografo fece sì, che dopo tre anni di ripetuti assaggi, e di continue esperienze, riescì ad ottenere anche le copie di vedute in genere, e di ritratti eseguiti sulla pietra tanto colla penna, quanto anche con una particolare matita confezionata da Senefelder, per cui può dirsi che l'attivazione della Litografia propriamente detta, quale si conosce al giorno d'oggi, venne scoperta ed introdotta nell'anno 1799.

In detto anno Senefelder in compagnia collo Gleissner aprì nella città di Monaco un nuovo grandioso Stabilimento Litografico, che in breve acquistò grande rinomanza non solo in Germania, ma in Francia, in Inghilterra ed in Italia.

Nell'anno 1810 il Re di Baviera nominò Senefelder, Diret-

tore della Litografia reale di Monaco, nella qual carica continuò fino all'anno 1834 in cui cessò di vivere, nell'età di anni 63.

L'arte litografica si diffuse nel 1802 a Vienna, nel 1807 a Londra, indi in Francia ed in Italia.

La pietra litografica. — Le pietre proprie alla litografia appartengono alle calcari, le quali sono qual più qual meno sáture di acido carbonico. Tali pietre sono di una pasta non molto compatta, assai porose, per conseguenza atte a ricevere facilmente le sostanze grasse, e sensibilissime poi all'azione degli acidi. Quelle che sono veramente proprie ed adatte alla litografia, devono essere di una pasta fina ed omogenea, di un colore biancastro, e tendente al giallognolo, vale a dire, di quella stessa qualità di pietra colla quale si affilano i rasoi. La miglior qualità di pietre litografiche fino ad ora conosciute in Europa, è quella che si trova nella cava di Solenhofer presso Pappenhein in Baviera. Ella è cosa singolare, che nello stesso paese in cui fu scoperta da un indigeno la litografia, siasi scoperta la prima cava di pietra calcare della miglior qualità, quella cioè ricercata dal litografo. Successivamente poi si scopersero altre cave di buona pietra litografica, in Francia ed in Italia.

Digrossamento delle pietre. — Questa operazione preliminare si rende necessaria, qualora i pezzi della pietra che devono servire al litografo, presentino qualche irregolarità nella loro superficie, il che si ottiene ponendo due pezzi a contatto fra loro uno sopra l'altro dopo avere cosperso il pezzo di sotto con pietra bigia polverizzata umettata coll'acqua. La pietra superiore si fa strisciare per ogni verso continuamente sopra l'inferiore, avvertendo di cosperger questa di quando in quando con nuova polvere e mantenerla umettata fino a tanto, che le due superficie che si trovano a contatto abbiano a combaciarsi perfettamente, e non presentino alcuna depressione o cavità, della qual cosa si può assicurarsi, appoggiandovi sopra ciascuna una riga, o regolo di ferro bene spianato, facendolo scorrere per ogni verso. Ridotte le due superfice affatto piane, dopo averle ben bene lavate, si assoggettano alla seguente superficie.

Granitura e politura delle pietre. — Questa operazione, la quale sarebbe la prima, nel caso che le pietre litografiche

non avessero i difetti suindicati, si eseguisce come la precedente, colla differenza però, che invece di adoperare la pietra bigia polverizzata, si adopera della sabbia gialla passata per lo staccio, umettando anche questa coll'acqua. Devesi poi durante questa operazione, ogni qual volta si rinnova la sabbia, far cangiar posto alle due pietre, vale a dire, collocare al disotto quella che stava al disopra, e così viceversa successivamente, e ciò perchè la granitura riesca eguale e perfetta.

La *politura o lisciatura a lucido* delle pietre, si ottiene collo stesso metodo ma adoperando invece una sabbia la più fina che avere si possa. Terminata la politura a mezzo della sabbia, si lavano ben bene le superficie delle pietre, e si finisce di lisciarle e lucidarle con un pezzo di pietra pomice tenera, di colore biancastro e bene spianata.

L'apparecchio della *granitura* serve pei disegni da farsi colla *matita*, e quella della *politura o lisciatura* occorre pe' disegni da farsi a *penna*, ovvero per le incisioni a *punta secca*.

Inchiostro e matita per iscrivere e disegnare sulla pietra. — Il migliore inchiostro per iscrivere colla penna metallica sulla pietra è composto in date proporzioni di grasso di montone ben secco, di mastice, di soda polverizzata, di gomma-lacca rossa, e di nero-fumo. La matita migliore è quella composta da' seguenti ingredienti in date proporzioni. Sapone ordinario purificato, cera-vergine, gomma-lacca, e nero-fumo.

Inchiostro per tirare le copie sulla carta. — Questo inchiostro è composto di nero-fumo calcinato, cera-vergine, sego, e bleu d'indaco polverizzato.

Carta per le stampe litografiche. — Questa dev'essere velina della miglior qualità, non molto grossa, senza colla, e senz'allumina, e di una grana regolare e pastosa, acciocchè possa ricevere facilmente, ed uniformemente l'inchiostro a mezzo della pressione del torchio. Riguardo poi a' disegni, od alla scrittura fatta a penna, puossi adoperare anche carta velina con colla.

Torchio litografico. — Dal momento in cui venne scoperta l'arte litografica, furono immaginati molti e svariati modelli di torchi litografici, ma quelli che vennero accettati, e posti

in pratica, furono i torchi a *leva*, a *molinello* e ad *ingranaggio*.

Di questi tre sistemi, quello a *molinello*, offrì nella pratica e colla esperienza, il migliore servigio, per cui si è generalizzato per ogni dove, e oggidì quasi tutti i litografi si servono di questo, perchè oltre di essere di facile costruzione, e di un meccanismo più semplice, presenta delle particolarità vantaggiose al disopra degli altri due, come sarebbe a dire quella di esercitare una pressione eguale ed uniforme sopra ogni punto della pietra, di poter accelerare o rallentare a volontà del litografo il suo movimento, secondo il genere de' disegni da riprodursi, e di prestarsi poi alla tiratura delle copie di qualsiasi formato o dimensione.

Acidulazione della pietra dopo la esecuzione del disegno a matita, a penna od a punta-secca. — Ecco in quale maniera si acidificano le pietre disegnate. Si colloca la pietra sopra una tavola dando a questa una posizioue a piano inclinato, per facilitare lo scolo dell'acqua acidulata. Collocata la pietra in tal modo, vi si versa sopra lentamente la mistura procurando che questa abbia a scoprire tutta la superficie della pietra stessa, e si distenda uniformemente. Compiuta questa operazione la quale non deve durare che due o tre minuti, si fa scorrere sopra la pietra, mantenendola sempre nella medesima posizione dell'acqua pura, per liberare il disegno da qualsiasi rimasuglio di acido, e dopo ciò vi si versa sopra una leggiera soluzione di gomma-arabica, alla quale puossi aggiungere un po' di zucchero, per evitare che la gomma nell'atto che si asciuga non abbia a screpolare, e possa formare delle macchie sul disegno. Nel caso di urgenza potrà procedersi all'applicazione dell'inchiostro per la tiratura delle copie, anche soltanto un'ora dopo l'acidificazione.

CAPITOLO XXXII.

ISTMO E BOSFORO DI SUEZ.

Il *nil sub sole novum* del re sapiente non fu mai così vero come rispetto al canale di Suez. Fa d'uopo rimontare ai primi albori delle storiche tradizioni, per discoprirne le antichissime traccie. I Greci ne davano il vanto a Sesostri (1535 anni av. G. C.); gli Arabi al primo dei Faraoni (2300 anni av. G. C.); la prima di queste opinioni è convalidata da uno dei più insigni orientalisti moderni, sir Gardner Wilkinson; la seconda trova l'appoggio autorevole dell'ingegnere Talabot. Checchè di ciò sia, certo è che, a tempi di Dario, figlio d'Istaspe (510 anni av. l'E. C.) esisteva un canale che mettea il Mediterraneo in comunicazione col Mar Rosso per mezzo delle acque del Nilo, ed avea una larghezza capace di due triremi di fronte.

Ma il canale dei Faraoni a poco a poco scomparve sotto alle invadenti sabbie del deserto. Tolomeo Filadelfo lo riaprì circa 260 anni av. G. C.; ma l'opera del Lagide fu anch'essa sepolta dalle mobili dune. Roma, che conquistando inciviliva, raccolse il nobile pensiero che sembrano trasmettersi tutti i padroni dell'Egitto: Trajano ed Adriano fecero scavare un nuovo canale che staccavasi dal Nilo presso la Babilonia egizia (moderno Cairo), per andarsi a riunire alle reliquie dell'antico vicino a Farbetis (Belbeis), 120 o 130 anni dopo Gesù Cristo.

Ma tutti questi canali non faceano che mettere in comunicazione il Nilo col Mar Rosso, sottoponendo quindi le relazioni di questo mare col Mediterraneo a tutte le complicate difficoltà di una navigazione fluviale. Nessuno aveva ardito ancora con-

cepire il pensiero di aprire attraverso l'Istmo una via diretta tra i due mari. Primo a formarne il disegno fu Amrù, il valoroso generale spedito dal califfo Omar alla conquista dell'Egitto ed al quale una volgare tradizione attribuisce il misfatto dell'incendio della biblioteca di Alessandria; sebbene questa tradizione, nata nei conventi del Medio Evo, sia molto meno provata e meno autentica degli *Auto da fè* coi quali si abbruciarono più di una volta i libri e gli autori. Ma il vicario del Profeta si oppose all'ardito consiglio, per tema di aprire ai Cristiani l'adito all'Arabia e di compromettere così le città sante della Mecca e di Medina. (639 dell'E. V.).

Le sabbie intanto continuarono la loro opera di distruzione; e l'idea di ristabilire una comunicazione tra i due mari non riapparve che nella mente del più grande filosofo del secolo XVII, nella mente di Gugliemo Leibniz, il quale, nuovo Aristotele, sapea dalle più sottili astrattezze della scienza discendere alle più pratiche ed immediate applicazioni del commercio e della politica. Leibniz scrisse a Luigi XIV, re di Francia, invitandolo a riaprire il canale di Suez; ma quel monarca preferì la dubbia gloria delle continue sue guerre con Guglielmo III d'Orange, la gloria delle Dragonate e della Revoca dell'Editto di Nantes, a quella di arrecare all'umanità un così segnalato benefizio. Ed il canale ricadde nell'obblio fino ai tempi di Napoleone I; il quale, vinti i Mameluchi a'piedi delle Piramidi, ordinò ai dotti della spedizione d'Egitto d'intraprendere i lavori geodetici per lo studio del grandioso progetto. Ma è noto come Bonaparte abbandonasse di soppiatto le sponde egizie, e come Kleber che gli sottentrò perisse sotto al pugnale del fanatico Suleiman.

Si è ad un antico console francese in Egitto, al Sig. Ferdinando di Lesseps, che spetta il vanto di aver efficacemente ridestato l'attenzione del mondo sull'importante problema, alla cui soluzione egli ha con sì lodevole perseveranza lavorato da oltre vent'anni. In un secolo in cui (come disse il moderno Cesare) il poter della scienza fa parte della scienza del potere, i governi ed i capitali delle più civili nazioni si prestarono volenterosi all'attuazione dell'impresa, che è ora appunto in via d'esecuzione.

Premesso questo rapido cenno storico, giova indicare som-

mariamente le condizioni geografiche e tecniche in mezzo alle quali deve aprirsi il bosforo, per riassumere poscia gli effetti economici, politici umanitarii che devono, giusta ogni probabilità, derivarne.

Sotto il nome d'Istmo di Suez vien designata quella lingua di terra che congiunge l'Africa all'Asia; esso ha 115 chilometri di lunghezza, ed è bagnato a settentrione dal Mediterraneo, a mezzo dì dal Golfo Arabico. Una strana idea, messa innanzi da Aristotele, ed accettata senza esame nei secoli successivi, tendeva a far credere che le acque del Mar Rosso fossero ad un livello permanentemente più alto di quelle del Mediterraneo, e che ciò renderebbe impossibile l'apertura di un canale fra i due mari. E nel 1799 gli ingegneri francesi credettero di aver trovato che il livello a Suez superi di metri 9. 908 quello di Tineh. Ma era questo un errore: una così enorme differenza di livello fra due mari sarebbe contraria a tutte le leggi fisiche e geografiche, non potendosi invero comprendere come due masse d'acqua comunicanti col libero ed aperto Oceano possano perennemente trovarsi costituite in una tal condizione di disequilibrio. Ed infatti nuove e più accurate osservazioni dimostrarono che non solo l'allegato fatto non è vero, ma che nelle basse maree il Golfo d'Arabia è alquanto inferiore alla superficie del Mediterraneo. Siccome però l'altezza della marea è in media di m. 2 nel Mar Rosso e di 40 centimetri soltanto nel Mediterraneo, il mare medio rimane quindi più elevato definitivamente di m. 0,80 nel seno Arabico che nel nostro mare. La qual differenza, lungi dall'essere un ostacolo al traforo dell'Istmo, diventa un efficace sussidio, permettendo di versare periodicamente nel canale una corrente che ne elevi le acque a vantaggio della navigazione e che aiuti nel tempo medesimo a purgarlo dagli interrimenti e dalle sabbie.

Ma quali conseguenze avrà presumibilmente l'opera incominciata dalla grande Compagnia del signor De Lesseps?

Prendendo l'isola di Ceylan come centro della navigazione dall'Oceano indiano ai nostri mari, il tragitto medio nei bastimenti dall'Europa all'Asia misura in oggi ben 6,900 leghe marine. Il taglio dell'Istmo ridurrà questa media a 3,200, cioè a meno della metà. Ma questa cifra è troppo generica;

nella tavola seguente indicheremo adunque le distanze dai porti principali d'Europa all'isola di Ceylan passando; 1.° a mezzodì del Capo di Buona Speranza; 2.° attraverso il bosforo di Suez.

PORTI D' EUROPA	DISTANZA A CEYLAN		DIFFERENZA A FAVORE DEL BOSFORO DI SUEZ
	PEL CAPO di B. SPERANZA	PEL BOSFORO di SUEZ	
	miglia geogr.	miglia geogr.	miglia geogr.
Pietroburgo	15,660	8 620	7,040
Stoccolma	15,330	8.290	7,040
Danzica	15,240	8,200	7.040
Amburgo	14,650	7.610	7,040
Amsterdam	14,460	7,420	7,040
Londra	14,340	7.300	7.040
Hàvre	14,130	7,090	7,040
Lisbona	13,500	6,190	7,310
Barcellona	14,330	5.500	8,830
Marsiglia	14.500	5,490	9.050
Genova	14,690	5,440	9.250
Trieste	15,480	5,220	10,260
Costantinopoli	15,630	4,750	10.880
Odessa	15,960	5,080	10,880

L' abbreviazione del viaggio sarà:
pei porti del Baltico . . . di 46 giorni sopra 100
» dell' Oceano . . . di 50 » »
» del Mediterraneo di 65 » »

Se è vero il proverbio inglese che *il tempo è denaro*, ognun vede quali immensi benefizi debbano risultare da un tanto raccorciamento di viaggio all' industria, al commercio alla navigazione. Son circa vent'anni, un dotto pubblicista britanno faceva il computo seguente: L'India contiene 100,000,000 di sudditi inglesi, oltre a 50,000,000 di tributarii e di alleati, ossia, in totale, 150,000,000 d' individui nella sola penisola indostanica. La Cina, dal canto suo, non nutrisce meno di 350,000,000 d' abitanti (in oggi son forse 400 milioni). Supponiamo ora che cotesti 500,000,000 di viventi, posti mercè del progettato canale in più immediato contatto col-

l'Europa, si elevino tanto nella scala dei bisogni e del progresso, da consumare *un solo scellino* (L. 1,25) *per ogni anno e per ogni individuo* in oggetti manufatti delle nostre contrade: questa somma, in apparenza così piccola, basterebbe a produrre nelle esportazioni europee un aumento annuale di 25,000,000 di lire sterline (625 milioni di franchi).

Il traffico attuale medio dell'Europa coll'India si opera sopra una massa di 2,000,000 di tonnellate di merci; e le diverse nazioni vi partecipano nel modo seguente;

L'Inghilterra	per tonnellate	1,401,234
L'Olanda	»	335,909
La Francia	»	65,658
La Spagna	»	8,062
Amburgo e Brema	»	19,699
Altri paesi europei	»	169,438

Riducasi dei due terzi il tragitto e, per conseguenza nella stessa proporzione si scemino il nolo e la spesa di trasporto e non sarà certo esagerata la speranza di veder crescere di almeno un terzo il movimento commerciale.

E tutte le nazioni d'Europa parteciperanno al benefizio. Fuvvi, per verità, un momento di malumore e di gelosia, durante il quale il vecchio partito tory in Inghilterra paventò che il divisato mutamento delle vie commerciali fosse per rapire a quella potenza il primato marittimo. Ma in oggi questi timori sono, almeno fra le classi spregiudicate e culte della Gran-Bretagna, affatto svaniti: esse ben videro che fino a tanto che il loro territorio sarà il più vasto deposito di carbon fossile e di ferro che sia al mondo; finchè le loro manifatture verranno alimentate dalla domanda di 400 milioni di consumatori; fino a tanto che dalle sue miniere potrà l'Inghilterra ritrarre l'annuo valore di 500 milioni di franchi; fino a che la sua marina conterà 35,000 bastimenti a vela e 2,500 vaporiere, nessuna gente potrà sul globo contendere la palma al mostruoso sviluppo del commercio e dell'industria britannica. Dominando, d'altronde, con la fortezza di Aden l'ingresso del Golfo Arabico e con quella di Buscira l'entrata del Golfo Persico, l'Inghilterra nulla ha a temere pel suo impero indiano, ed attraversa pur sempre le eterne vie del commercio del mondo.

Nè punto minore è l'interesse che nell'apertura dell'Istmo

ha l'Olanda, padrona di Giava, di Sumatra, di Sumbava, di Celebe, delle Molucche. — La Spagna vedrà le sue Filippine, che formano la più bella gemma rimasta alla sua corona coloniale, accostate alla metropoli di ben 4,000 leghe, ossia della metà dell'attuale distanza. — Più immediata ancora è l'utilità che ne avrà la Francia: Marsiglia e Tolone sono i suoi più poderosi centri di marina mercantile e militare; la Corsica e l'Algeria aspettano che il fiume fecondatore del traffico venga a depositare sulle loro rive i doni inestimabili della civiltà; l'isola Borbone, Pondichery Chandernagor, le fattorie del Madagascar, memori dei bei giorni di Dupleix e di Labourdonnais, possono da un dì all'altro vederli risorgere. — L'Europa centrale, la Germania e la Svizzera, benchè lontane dalle vie del traffico marittimo, sentiranno esse pure il fecondo influsso della divisata rivoluzione commerciale: i prodotti dell'India, onde si alimentano le loro manifatture ed il loro consumo, passando per Trieste e per Genova, invece che per Rotterdam ed Amburgo, vi arriveranno più presto ed a migliore mercato. — La Russia protende verso il mezzodì ed il levante le sue magnifiche vie fluviali, il Dniester, il Don, il Boristene e la rete di canali del bacino del Volga, quasi altrettante braccia avide di stringere la mano al ricco mondo dell'Asia. — La Grecia e la Turchia sono attualmente i paesi più lontani dalle Indie; e ne diverranno invece i più vicini, rimosso appena l'ostacolo che li separa dall'Eritreo.

Ma fra tutti i paesi d'Europa, niuno ve n'ha che debba più lieto salutare la grande impresa, che la nostra Italia. « Nessun paese (scriveva dallo scoglio di Sant'Elena Napoleone, pentito di avere troppo tardi conosciuto la sua patria) è meglio collocato per diventare una grande potenza marittima, contando essa dalle foci del Varo allo stretto di Messina 230 leghe di costa; da quelle al capo d'Otranto sul mare Jonio, 130; di là allo sbocco dell'Isonzo, 230; 530 ne misurano le tre isole; in tutto circa 1,200 leghe di costa, non contando quelle della Dalmazia, dell'Istria, delle Bocche di Cattaro e delle isole Jonie. La Francia non ne ha che 600; la Spagna 800. » — Se a ciò si aggiunga una numerosa, intelligente, attivissima popolazione litorana, ed una posizione geografica mirabilmente acconcia a servire di anello di con-

giunzione tra l' Europa, l'Asia, e l'Africa, non si darà certo nota di esagerazione a chi disse che l' Italia può dal taglio dell'Istmo di Suez legittimamente aspettarsi un felice ritorno ai dì, che sembravano tramontati per sempre, della sua antica grandezza commerciale.

Bando però alle vane illusioni! — Ricordiamoci che il possesso della centrale e della meridionale America, il possesso di un impero sul quale mai non declinava il sole, non impedì alla Spagna di volgere in miserabile decadenza; che tutto il valore personale di Dupleix e di Bussy non salvò dalla rovina le colonie francesi in India; che il genio di Almeyda e di Albuquerque, la Signoria di Goa e del Capo di Buona Speranza non bastarono a tener alta nel cielo della politica e coloniale potenza la stella del Portogallo. Perchè l' Italia possa trarre dal Bosforo di Suez tutti i vantaggi che è desso capace di arrecarle, è necessario, prima d' ogni cosa, *ch' ella sappia meritarseli*; e per meritarli realmente, fa d' uopo che tutti gli Italiani delle diverse provincie si considerino, ma non a parole soltanto, siccome i figli di una medesima madre, che l' unità degli spiriti proceda con l'unità materiale e politica, che il paese si copra di una fitta rete di strade e di ferrovie, che i porti si arricchiscano di *docks* e di comodi e di attrattive pel commercio, che le Alpi siano valicate dalla locomotiva. Tutto il favore della latitudine e della longitudine sarebbe indarno ad assicurarci floridezza, se non vi s' aggiungano gli sforzi della intelligente nostra operosità. Troppo siam proclivi in Italia a dimenticar queste cose, sebbene una dura esperienza avrebbe oramai dovute insegnarcele. Non è la scoperta del Capo Tormentoso, nè quella delle Americhe (siccome fu a sazietà ripetuto dagli storici e pubblicisti nostri) che sole ci tolsero dal seggio altissimo che occupavamo prima del XVI secolo; ma fu il lento veleno della teocrazia, fu l' inneghittirsi degli spiriti, furono le inimicizie continue, fu la discordia, fu la corruttela. La caduta dell' Italia fu in gran parte un suicidio; la sua risurrezione non può che essere l'opera della sua propria energia e volontà. La storia non ha punto più miracoli, di quello che ne abbia la fisica; il bene ed il male sono molto meno il portato della cieca fortuna che della virtù o della colpa.

(Dal Giornale *La Scienza a dieci centesimi*).

CAPITOLO XXXIII.

TRAFORO DELLE ALPI TRA BARDONNÊCHE E MODANE.

Nel maggio 1862 stipulavasi tra la Francia e l'Italia, la convenzione relativa alle ferrovie internazionali, portante le condizioni sotto le quali la Francia avrebbe concorso al traforo delle Alpi per l'attraversata sotterranea tra Bardonnêche e Modane. L'opera sarebbe stata eseguita totalmente a cura e sotto la responsabilità del Governo italiano. La Francia avrebbe pagato diecinove milioni a lavoro interamente compiuto, come rimborso delle spese inerenti alla metâ settentrionale della galleria, e nel frattempo avrebbe sborsato gli interessi sulla spesa computata in L. 3000 ogni metro di effettivo avanzamento dal proprio lato. Per la durata di tutta l'opera fissavasi un massimo di 25 anni a partire dal 1° gennaio 1862, e si accordava al Governo italiano un premio di L. 500,000 per ogni anno intero che fosse stato risparmiato; premio che sarebbe stato portato a L. 600,000 per ogni anno intero di cui l'effettiva durata fosse stata minore d'anni quindici. Finalmente ogni obbligo del Governo francese sarebbe venuto a cessare in uno di questi tre casi: o quando i lavori non fossero stati ultimati pel 1° gennaio 1887, o quando il Governo italiano avesse rinunciato alla loro continuazione, o quando in un anno qualunque la lunghezza complessiva della galleria eseguita fosse stata minore della media di 250 metri da ciascun lato.

Questa convenzione, che addossava all'Italia tanta responsabilità doveva far sorgere un'invincibile impazienza di conoscere i progressi e lo stato dei lavori, che esser dovevano

caparra per l'avvenire. Nè questa impazienza era scevra da qualche inquietitudine anche in quelli che si rammentavano delle brillanti relazioni parlamentari che promossero la legge del 15 agosto 1857, poichè si trattava pur sempre di un'opera che non ha riscontro con alcuna antecedente, da eseguirsi con processi ed apparecchi di novella invenzione, sull'effetto de' quali i lumi importantissimi arrecati dalla Commissione della Coscia non avevano tutti pienamente rassicurati. Trattavasi di un traforo cieco di oltre 12 chilometri, sottostante dai 500 ai 1200 metri a montagne coperte di ghiaccio, da aprirsi senza uso di pozzi, ma per mezzo di sole due fronti d'attacco, di un'opera, insomma la cui attuazione coi mezzi ordinarii avrebbe costato oltre un quarto di secolo. Bisognava quindi ricorrere alla perforazione meccanica, all'impiego di poderosi agenti motori. Questi dovendo necessariamente stabilirsi al di fuori della galleria, portavano la necessità di un sistema di trasmissione semplice ed efficace, che, a distanze di più chilometri tra il sito del motore e quello dell'attacco, mettesse in azione le macchine. Trovato quest'organo trasmissore, ecco sorgere spontanea l'idea di utilizzare la forza idraulilca dei torrenti che appunto in vicicinanza agli imbocchi defluiscono con potenti cadute fra quelle balze. Dopo i felici risultati ottenuti dal Triger fino dal 1846 nelle miniere carbonifere della Loira coll'aria compressa; dopo la proposta del Piatti (19 febbraio 1853), che chiamava l'attenzione degli uomini della scienza sull'efficacia dei mezzi pneumatici; dopo l'esperienze della Commissione della Coscia sugli apparati degli ingegneri Sommeiller, Grandis e Grattoni, l'aria compressa presentavasi appunto come l'organo di trasmissione dinamica il più confacente allo scopo. Compressori per trasformare la forza idraulica in elasticità d'aria compressa, recipienti per accumularla ed approvvigionarla, condotti per farla defluire nell'interno del sotterraneo a distanza di oltre sei chilometri, macchine perforatrici mosse dalla stessa forza, destinate ad accelerare il lavoro ecco tutte le novità che trattavasi di attuare; e ben era da prevedersi quali studj, quali modificazioni e cangiamenti avrebbero dovuto subire, come accade ogni volta che da semplici esperimenti si passa in grande scala all'applicazione di grandiosi sistemi meccanici.

Ora dalla relazione della Direzione tecnica sul traforo delle Alpi in discorso apprendiamo innanzi tutto che il primo affusto delle perforatrici venne spinto in galleria soltanto col 12 gennaio 1861 dal lato di Bardonnêche, e col 25 gennaio 1863 da quello di Modane. Tutto il tempo decorso anteriormente dall' agosto 1857 venne speso in lavori preparatorii, della cui entità si ha tosto un'idea, riflettendo che dovettero incominciare dalla costruzione e riattamento degli accessi più indispensabili presso i villaggi di Bardonnêche e Forneaux posti rispettivamente a sud e a nord della galleria, e collo stabilimento delle primordiali industrie per provvedere in quei luoghi inospiti al soggiorno di numerosi operai. Lungo tempo richiesero i lavori geodetici, la costruzione degli acquedotti, coi relativi serbatoi d'acqua, l'impianto dell'edificio destinato al collocamento dei compressori, l'erezione delle case operaie, dei magazzini, delle fornaci, l'apertura dei canali di scolo, l'attivazione di un piano automotore verso Modane, ed infine l'escavazione complessiva di metri 1600 di galleria coi mezzi ordinarii. Al che si devono aggiungere le prove ripetute e gli studi diretti al perfezionamento degli apparecchi e le inevitabili sospensioni prodotte dalla campagna del 1859, che naturalmente doveva chiamare a sè ogni finanziaria risorsa.

Il problema geodetico non presentava alcuna teorica difficoltà, ma l'asprezza dei luoghi ed i rigori meteorici lo rendevano malagevole. Stabilita dopo varii tentativi sul dorso della montagna una linea che corrispondesse verticalmente alla retta che congiunge i due imbocchi, bisognava trovarne i prolungamenti a sud e a nord per modo che potessero servire a dirigere l'asse del traforo. Una linea, di cui l'uno degli estremi fosse all'altro visibile, sarebbe riescita lunga 25 chilometri per l'interposizione degli alti gioghi che si coprivan l'un l'altro; quindi fu forza stabilirsi nel punto di mezzo, cioè sulla cima del Gran Vallone, e di là trasferendosi col teodolite di vetta in vetta e tracciando a sud e a nord i varii punti del piano verticale regolatore, si giunse ad individuare i luoghi dei due osservatorii, da ciascuno de' quali traguardando il culmine del Gran Vallone e l'imbocco della galleria, si fa in questa penetrare la visuale che segna l'asse del traforo e ne guida l'avanzamento. Partendo in seguito da basi trigonometriche già individuate su quelle cime dallo stato-maggiore si potè con op-

portune operazioni dedurre la precisa lunghezza fra i due imbocchi, che riescì di metri 12,220 e con ripetute livellazioni si constatò l'elevazione di metri 132.56 dell'imbocco sud sull'imbocco nord, e si fissò in modo definitivo la pendenza di 0.50 per mille per la tratta meridionale, e di 22. 20 per mille per la settentrionale ambedue ascendenti verso il centro del sotterraneo, per dar sfogo all'acque che eventualmente si sarebbero potute incontrare. Questo centro poi trovasi elevato di metri 1338. 45 sul livello del mare, e sottostà alla vetta sovrincumbente del Gran Vallone di metri 1611. 31. In dette operazioni, il massimo errore che potrà essere stato commesso, si calcola dalla Direzione non poter dar luogo ad una deviazione maggiore di centim. 40 fra gli assi dei due tronchi della galleria al loro incontrarsi nel centro.

Non occorre entrare in particolari sul perditempo cagionato dalle molte costruzioni murali, stradali ed idrauliche, reso maggiore dall'asprezza di quei luoghi inospiti e dai rigori del clima, ma sarà bene il far presente quanto abbia dovuto costare lo studio per condurre a perfezionamento i nuovi meccanismi. — La Commissione della Coscia aveva bensì dimostrato come sciolto il doppio problema pratico della compressione dell'aria e della perforazione meccanica, ma aveva altresì segnalato una serie d'inconvenienti a cui si doveva porre riparo. Bisognava ottenere un compressore che fornisse il quadruplo in aria compressa di quello sperimentato. Dieci almeno se ne dovevano costrurre per operare da un lato, e questi dovevano poter funzionare tanto in via solidale che indipendente. Era da studiarsi il miglior modo di stabilire il tubo impermeabile per la condotta dell'aria, diminuire il peso delle perforatrici senza indebolirne l'effetto, perfezionare i loro movimenti automatici, studiare l'affusto ed il materiale mobile della piccola galleria, e infine sottoporre tutto questo ad una lunga serie di prove, tanto per accertarne le condidizioni di buon servigio, quanto per impratichire gli operai al relativo governo. Se quindi può parer lungo il tempo trascorso, è debito il riconoscere che ben vi corrisponde l'entità di quanto venne eseguito.

Per descrivere il complesso del sistema che funziona a Bardonnêche, crediamo che giovi rammentare ai nostri lettori il meccanismo del compressore di cui si è tanto parlato. Esso

consiste, com'è noto, in un sifone rovesciato del diametro di centimetri 60 a braccia disuguali, di cui il più lungo raggiunge l'altezza di metri 26 e l'altro di metri 4 dal piano di scarico. È munito di una valvola d'alimentazione nel braccio più lungo, di una valvola di scarico nel punto più basso, e di una valvola d'injezione alla sommità del braccio più corto, il quale comunica coi recipienti d'aria compressa.

Le due prime valvole sono poste in giuoco da apposita macchinetta ad aria, e danno luogo ad una così detta pulsazione ogni qualvolta, chiusa la valvola di scarico e aperta quella d'alimentazione, l'acqua scendendo da 26 metri d'altezza sale nell'altro braccio comprimendo l'aria ivi contenuta, e forzandola ad entrare così compressa nell'apposito serbatojo per mezzo della valvola d'injezione. Le cose sono disposte in modo che il grado di compressione è di sei atmosfere assolute; volendo maggior grado o minore, basterebbe diminuire od aumentare la quantità d'aria da comprimersi ad ogni colpo, e ciò lasciando sfuggire prima del colpo una porzione maggiore o minore dell'aria stessa mediante alcune valvolette opportunamente collocate; e così la capacità della camera di compressione, ossia la quantità d'aria in essa imprigionata e destinata a comprimersi potrebbe essere a piacimento regolata. Non è difficile il rendersi ragione del come una colonna d'acqua di 26 metri d'altezza, che aggiunta all'ordinaria pressione atmosferica non fa equilibrio che con atmosfere 3 1/2, possa in questa macchina fornire una compressione di sei atmosfere assolute. — Da una parte è chiaro che la resistenza che presenta l'aria alla compressione, nulla sul principio, va gradatamente crescendo di mano in mano che vien forzata a restringersi in spazj successivamente minori; dall'altra è pur chiaro che il peso della colonna d'acqua discendente, reso operativo fin dal principio del moto, esercita un lavoro motore che per un certo tempo eccederà il lavoro resistente e darà luogo ad un'accumulazione di *lavoro motore non esaurito*, o come si suol dire di *forza viva*. Cresciuta la resistenza dell'aria fino al punto da far equilibrio col peso della colonna d'acqua, tutto si arresterebbe, se non sorvenisse allora ad agire sull'eccesso di resistenza quella parte di lavoro motore accumulato che non aveva potuto prima esaurirsi. Laonde la resistenza continua ad essere vinta anche dopo che si è fatta maggiore della potenza fino al

punto che tutto il lavoro motore non sia stato assorbito dal lavoro resistente. La caratteristica di questa macchina però non è veramente da ricercarsi nell'utilizzazione della forza viva, la quale è comune a tutte le macchine ben governate, che hanno a vincere resistenze variabili; ma piuttosto nella sua maniera di agire interrottamente per urti e pulsazioni, di cui se ne hanno tre ogni minuto primo.

Dieci di questi compressori sono stabiliti a Bardonnêche, e funzionano tanto congiuntamente che isolati. L'aria compressa a sei atmosfere assolute entra in altrettanti serbatoj di lamine di ferro della capacità di 17 m. c., e quivi si mantiene alla stessa tensione mediante l'azione d'una colonna d'acqua, che parte da un recipiente della capacità di 400 m. c. e sovrasta di metri 50 al piano regolatore di scarico.

Dai serbatoj parte il condotto impermeabile di ferro fuso del diametro di centimetri 20 e della sviluppata lunghezza di metri 2000 sino nell'interno della galleria, ed ivi comunica il movimento alle macchine perforatrici. Ingegnoso, sebbene ancor complicato, è l'organismo di queste macchine, ma tale è richiesto dalla varietà e natura dei movimenti che si vogliono ottenere; cioè: la percussione seguita dall'immediata retrocessione dello scalpello, il suo moto rotatorio, e il suo avanzamento a misura che il foro si approfondisce. La parte essenziale è il cilindro a stantuffo sul quale è innestato lo scalpello, che sotto l'azione dell'aria compressa dà tre colpi al secondo con una corsa dai 16 ai 20 centimetri sotto l'impulso di 90 chilogrammi. Una macchina diventa inservibile quando ha fatto 900 fori; se ne cambiano per riparazione due ogni muta od attacco, e se ne sostituisce una nuova ogni sei o sette metri d'avanzamento (*).

Questo ordigno passò per successivi stadii di miglioramento, ma sembra ancor lontano dall'aver raggiunto le lusinghiere previsioni accolte al suo nascere. A che serve l'aver ottenuto dalla macchina quattro movimenti automatici, se più di quattro persone sono ancora vincolate al di lei servizio? giacchè apprendiamo dalla relazione che ben 37 individui trovansi sti-

(*) Due mila se ne calcolano occorrere per tutto il lavoro che rimane a farsi.

vati attorno all'affusto portante nove perforatori. Non sarebbe più semplice il limitare l'effetto della macchina alla sola percussione, e riservare ai manuali gli altri due movimenti eccessori della rotazione e dell'avanzamento? Ma a questa obbiezione, l'esperienza avrà già forse preparato la risposta, poichè studii molti furono fatti su questa macchina, e la relazione allude già ad importanti modificazioni che stanno per esser poste in esecuzione.

Coi perforatori si apre una galleria preparatoria larga metri 3. 40 ed alta metri 2. 40, riservando ai metodi ordinarii l'escavazione dello strozzo, ossia l'ampliamento alle stabilite dimensioni. È in questa piccola galleria che si prolunga il binario fin quasi alla fronte d'attacco, e che si scava un fosso destinato a ricevere i prolungamenti dei tubi che conducono aria compressa, acqua e gas illuminante. Quivi si accoglie tutto il materiale di perforazione con tutto ciò che può occorrere per ogni muta od attacco. Due robuste porte, che si trasportano innanzi a misura che progredisce l'avanzamento, servono, chiuse, a dar riparo efficace contro i sassi lanciati dallo scoppio delle mine. L'affusto si presenta all'attacco con nove perforatori, che fanno mediamente ottanta fori della profondità dai 70 alli 80 centimetri. Ciò eseguito, l'affusto si ritira dietro al riparo delle porte, i fochisti procedono al caricamento ed allo sparo delle mine; ad essi subentrano gli sgombratori, che con piccoli vagoni traggono il detrito fuori dal cantiere d'avanzata, ove si lascia a chi è incaricato dell'ulteriore trasporto, e cosi si prosegue fino a che tutto il pietrame sia stato sgombrato. Con ciò finisce il periodo di un attacco o muta, cambiandosi il personale che per quel giorno ha finito il suo compito. Un attacco o muta dura per media ore 13. 40, impiegandosi ore 7. 38 nella perforazione, ore 3. 29 nel carico e sparo delle mine, ed ore 2. 33 nello sgombro. Intanto nei tratti che precedono la galleria d'avanzamento si lavora al taglio ulteriore della roccia coi metodi ordinari e la si riveste, ov'è d'uopo di spallature e di volte. I lavori sono sempre illuminati con gaz, e frequenti getti d'aria compressa depurano l'ambiente viziato.

Dallo specchio analitico delle operazioni eseguite negli anni 1861 e 1862 dalla parte di Bardonnêche, ricaviamo che l'avanzamento ottenuto colla perforazione meccanica fu nel 1861 di

centimetri 81 per ogni giorno utile, e nel 1862 di metri 1. 17; ogni attacco diede l'avanzamento di 0^{m}, 6, 5 (1).

La natura della roccia è calcare-schistoso-cristallina a strati irregolari e eterogenei, e difficilmente potrà presentare in progresso più sfavorevoli condizioni. È assai probabile, che il quarzo crescerà coll'addentrarsi nel monte, ma colla maggior durezza si avrà in compenso la maggiore omogeneità, che tanto influisce sul regolare andamento delle macchine. Il limite al quale si tende è di aver due mute al giorno, indi tre, abbreviando all'uopo la profondità dei fori e per conseguenza la durata dell'attacco.

Tre dubbi furono dal fatto completamente eliminati; quello sulla sufficienza della ventilazione, quello sull'impermeabilità dei condotti e dei serbatoi d'aria compressa, e quella infine sulla perdita di pressione che si temeva avesse a subire il flusso dell'aria per lunghi condotti.

Quanto al primo, risulta essersi introdotto ogni giorno nel sotterraneo un volume d'aria eguale a 17 volte la capacità dell'ambiente del cantiere d'avanzamento, e così spiegasi come sia stata finora illesa la salute degli operatori. Ciò non toglie però che siasi riconosciuta la necessità di aumentare la produzione dell'aria compressa, nel doppio scopo di accelerare le operazioni, e di sgombrare più speditamente i gaz prodotti dallo scoppio delle mine.

Riguardo al secondo dubbio, ebbesi occasione, a Bardonnêche, di lasciare per 24 giorni di seguito i serbatoi pieni d'aria compressa, e la perdita non riescì che di $1/5000$ della produzione giornaliera. Nel gran condotto poi non fu possibile rinvenire una sola fuga sopra una lunghezza di 2000 metri.

Ma ciò che aveva da ben 20 anni inceppato il progresso dei sistemi ad aria compressa, era il pregiudizio dell'enorme resistenza ch'essa avrebbe provato nel deflusso per lunghi condotti. Questo pregiudizio fu già combattuto or son pochi anni dal senso pratico degli uomini d'arte, indi dalle impor-

(1) 1861 giorni utili n. 209, avanzamento . . . M. 170. 54
1862 giorni utili n. 325, avanzamento . . . . » 380. 00

Totale M. 550. 54

Nel 1862 si verificarono n. 582 mute.

tanti esperienze della Commissione della Coscia, che mise alla prova condotti di 400 met. di lunghezza; ma ora rimane vinto completamente dal fatto che dall'accennato condotto di 2000 metri, durante il lavoro delle nove perforatrici, la perdita di pressione non riesce sensibile ad un manometro graduato in decimi d'atmosfera. La Direzione tecnica non ebbe l'opportunità di instituire sull'argomento più dilicate esperienze, ma, dietro accurate indagini, praticate dal Devillez (1), venne constatato che sulla tratta di 1700 metri interposta tra i serbatoi e l'affusto, solo 1/5 di atmosfera andava perduto; il che combina perfettamente coi risultati dei calcoli che già prima erano stati instituiti in base alle esperienze della Coscia.

Per ultimo venne osservato che il calorico che si sviluppa nella compressione non esercita alcuna importante influenza sull'effetto del lavoro motore; viceversa l'abbassamento di temperatura che si verifica all'espandersi dell'aria compressa nella galleria reca il vantaggio di rinfrescare l'ambiente e di rendere più sopportabile la fatica agli operai che per lunghe ore vi si trovano stivati.

Molte delle cose esposte pei lavori verso Bardonnêche possono ritenersi applicabili a quelli dell'imbocco nord. Ma qui si notano alcune essenziali differenze, che è interessante il chiarire. Si è visto che il compressore a colonna esige un salto di 26 metri per fornire una tensione assoluta di sei atmosfere. Ma dal lato di Forneaux il torrente di Charmaix, che avrebbe potuto fornire questo salto è troppo povero d'acqua in una parte dell'anno, ed al contrario il torrente dell'Arc, che scorre anche nella massima siccità con abbondante portata presenta una caduta non maggiore di sei metri.

Questa circostanza idrologica ha suggerito, dopo varii tentativi l'impiego di un nuovo compressore, che consiste in una tromba a doppio effetto, mossa dalla forza idraulica; ove con un sistema, facilissimo a concepirsi, lo stantuffo aspira e preme aria tanto nell'andata che nel ritorno. La singolarità di questa macchina sta in due colonne d'acqua che si appoggiano ciascuna sulle faccie dello stantuffo, e ne accompagnano il va e vieni, sicchè potrebbe dirsi che lo stantuffo è costituito da una colonna liquida framezzata da un disco solido; il tutto oscil-

(1) *Des travaux de percement du tunnel sous les Alpes.* Pag. 56.

lante in un sifone. Ciò senza dubbio contribuisce alla più perfetta tenuta d'aria, ed eliminando per assorbimento il calorico prodotto dalla compressione impedisce che si formi una tensione fittizia a scapito dell'effetto industriale. Questa nuova macchina ha dato risultati così prevalenti in confronto del compressore a colonna, che dalla sua applicazione può ormai attendersi un effetto tre volte maggiore con un terzo meno di spesa; per cui oramai anche a Bardonnêche s'incomincierà a far uso di questo sistema, e nel corrente anno si potrà tosto duplicare la quantita d'aria compressa ai due imbocchi.

Anche la maggior difficoltà della ventilazione da questa parte, a motivo della salita della galleria verso il centro, ha portato a meglio studiare anco tale questione; ed allora sorse chiara l'incongruenza di adoperare per quest'uopo aria compressa a grande tensione, sciupando a pura perdita un lavoro motore che è rappresentato da 110 chilogrammetri ogni litro spinto ne'serbatoi alla tensione assoluta di sei atmosfere. La ventilazione richiede grandi volumi d'aria a piccole tensioni, ed un apposito meccanismo vi dovrebbe quindi provvedere. Lo stesso sistema pneumatico a pompa, invertito l'effetto, sarà assai atto, e giusta l'avviso dei relatori, ad aspirare dalla galleria l'aria viziata anche a distanza di oltre 6 chilometri dall'imbocco.

L'imbocco nord della galleria trovandosi a 106 metri sulla valle dell'Arc, ove sono stabiliti i cantieri, vengono questi collegati al medesimo mediante un piano automotore dell'inclinazione 1 sopra 2,23. Due carri a guisa di recipienti capaci di 2000 litri d'acqua sono attaccati uno per ciascuna alle due estremità di un sistema funicolare, e quando l'uno è carico d'acqua e discende, l'altro ascende carico di pesi, e cosi alternativamente, sicchè in pochi minuti si elevano 1500 chilogr. all'altezza di 106 metri, col solo mezzo della gravità.

Per tutte le esposte circostanze, la perforazione meccanica da questo lato non potè cominciare che col 25 gennaio del corrente anno, mentre la perforazione ordinaria ebbe principio contemporaneamente a quella dell'opposto versante. Ma tutto porta a credere che anche da questo lato si avrà una regolarità ed un avanzamento non inferiori.

Finalmente la Direzione non ommise di occuparsi della ferrovia che, staccandosi da Susa, deve dare accesso al sotterra-

neo. I progetti sono attualmente compiti, e il tracciato su quelle aspre giogaje non porta pendenze maggiori del 30 per 1000 nè curve di maggior raggio di metri 450. Il concetto di concentrare le difficoltà nell'escavazione di una lunga galleria ha portato che questa strada, comunque faccia parte dell'attraversata delle Alpi, non eccede i limiti ordinari della pratica eseguibilità e del sicuro esercizio.

Riassumendo: i lavori a tutto il 1862 hanno dato 1600 metri d'avanzamento complessivo coi mezzi ordinarii, e 580 metri colla perforazione meccanica dal lato Sud. Il lavoro delle perforatrici può, nello stato attuale produrre un avanzamento di metri 400 all'anno per ciascun lato, ma sperasi un sensibile accrescimento dal miglioramento degli ordigni dall'aumento della produzione d'aria compressa, e dalla meglio intesa ventilazione. L'esperimento fatto su vasta scala ha constatato la possibilità di contenere aria compressa a forti tensioni nei serbatoj, di condurla senza grave perdita per lunghi tubi, di servirsene a gran distanza come organo trasmissore dinamico, di utilizzarla a trasformare le forze idrauliche in elasticità d'aria, ed applicarla così ben lungi dal sito ove le dette forze hanno origine. Venne constatata parimenti la possibilità di ottenere una sufficiente ventilazione nel più profondo dell'antro e di assicurare così la salute dei lavoratori ed il corso non interrotto delle operazioni. Il compressore a colonna d'acqua, cui pareva promesso uno splendido avvenire, si vedrà ben presto soppiantato da un altro compressore fondato sull'ordinario meccanismo di uno stantuffo a doppio effetto, che triplica i risultati e riduce ad un terzo meno la spesa. Resa così più agevole la produzione di aria compressa, un largo campo sta per aprirsi ad altre industriali applicazioni. Forse il rapporto fra l'effetto utile ed il teorico non sarà il più favorevole per queste macchine, ove l'utilizzare tutta l'espansione è impedito dall'abbassamento di temperatura che ne deriva e dal congelamento dei vapori acquei che sono all'aria commisti. Ma anche le macchine a semplice scatto saranno utilissime quando si tratti di trasformare forze idrauliche che esistono gratuite nel seno delle Alpi. La trazione sulle erte pendenze delle ferrovie sta quindi per avvantaggiarne, come lo stesso ingegnere Sommeiller ne ha piena fiducia, portando così la semplificazione dei tracciati alpini e la

riduzione delle relative spese d'esercizio. Colla perforazione meccanica si ottiene un lavoro otto volte più celere di quello fatto da due minatori appajati, i quali, secondo i dati raccolti dalla Commissione della Coscia, scavano due millimetri di foro al minuto mentre una perforatrice ne dà diciasette. Ma la stessa proporzione non ha luogo per l'avanzamento giornaliero, anzi esso è ben lungi dalle lusinghiere previsioni vagheggiate fino dal principio. Asserisce il Devillez (*) d'aver desunto dai registri mensili che l'escavazione coi metodi ordinarii produceva un avanzamento dai $0^{m}50$ ad un metro al giorno, mentre abbiam visto che la media colle perforatrici fu di $0^{m}81$ nel 1861, e di $1^{m}17$ nel 1862, e quindi non tanto superiore, come si sarebbe aspettato. Del resto, basandosi sul dato di metri 800 complessivi all'anno, come fu ritenuto dal ministro dei lavori pubblici in un suo rapporto del 1863 alla Camera, la galleria sarebbe compiuta in dodici anni e mezzo, con guadagno di altrettanti sui venticinque assegnati per massimo nella convenzione. La riescita dell'impresa non è quindi dubbia. Ma non abbandoniamoci a soverchie illusioni. Se non si lavorerà a tutt'uomo al perfezionamento delle perforatrici in modo di ottenere un sensibile aumento nell'avanzamento giornaliero, se verrà meno la sollecitudine nel procurare gli altri miglioramenti sia nella produzione dell'aria compressa, sia nella ventilazione, sia nel fornire comodità d'alloggi e facilità di vitto ai numerosi operaj, potrebbe darsi il caso che, incontrandosi potenti ostacoli coll'addentrarsi nel monte, non si riesca in un qualche anno a raggiungere l'escavazione minima di 500 metri complessivi stabilita dalla convenzione internazionale. Ed allora in forza della convenzione stessa avrebbe luogo l'esonero della Francia dal pattuito contributo, e la grand'opera o si arresterebbe, o ricadrebbe tutta a carico del Governo italiano. Ma noi portiam fede che tutto si doma e si vince quando si avvera il caso che la potenza dell'ingegno trovisi alleata colla potenza dei mezzi.

(*) *Des travaux de percement du tunnel sous les Alpes*, pag. 7.

(Dal Giornale *La Perseveranza*, agosto 1863).

FINE.

INDICE DELLE MATERIE

Prefazione dell'autore . . . . Pag. 3
Cap. I. La Stampa . . . . » 7
» II. La Polvere da cannone . . . . » 19
» III. La Bussola . . . . » 27
» IV. La Carta . . . . » 35
» V. Gli Orologi da torre, da tavolo, e da tasca » 45
» VI. La Porcellana e le Stoviglie . . . . . . » 56
» VII. Il Vetro . . . . » 66
» VIII. Cannocchiali . . . . » 71
» IX. I Telescopii . . . . » 77
» X. Il Microscopio . . . . » 82
» XI. Il Barometro . . . . » 88
» XII. Il Termometro . . . . » 99
» XIII. Le Macchine a vapore . . . . » 107
» XIV. L'Elettricità Statica . . . . » 135
» XV. Il Parafulmine . . . . » 143
» XVI. La Pila del Volta . . . . » 156
» XVII. La Telegrafia Elettrica . . . . » 167
» XVIII. La Galvano-Plastica . . . . » 180
» XIX. La Doratura, e la Inargentatura Elettro-Chimiche . . . . » 184
» XX. L'Orologio elettrico . . . . » 187
» XXI. De' varii mezzi d'illuminazione . . . . » 191
» XXII. Gli Areostati . . . . » 206
» XXIII. Pozzi artesiani . . . . » 217
» XXIV. Ponti sospesi . . . . » 223
» XXV. La Fotografia . . . . » 230
» XXVI. L'Eterizzazione . . . . » 240
» XXVII. Il Drenaggio od Asciugamento . . . . . » 248
» XXVIII. Lo Stereoscopio . . . . » 256
» XXIX. La Gomma-elastica . . . . » 261
» XXX. La Gutta-perca . . . . » 267
» XXXI. La Litografia . . . . » 271
» XXXII. Istmo e Bosforo di Suez . . . . » 277
» XXXIII. Traforo delle Alpi tra Bardonnêche e Modane » 284